This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

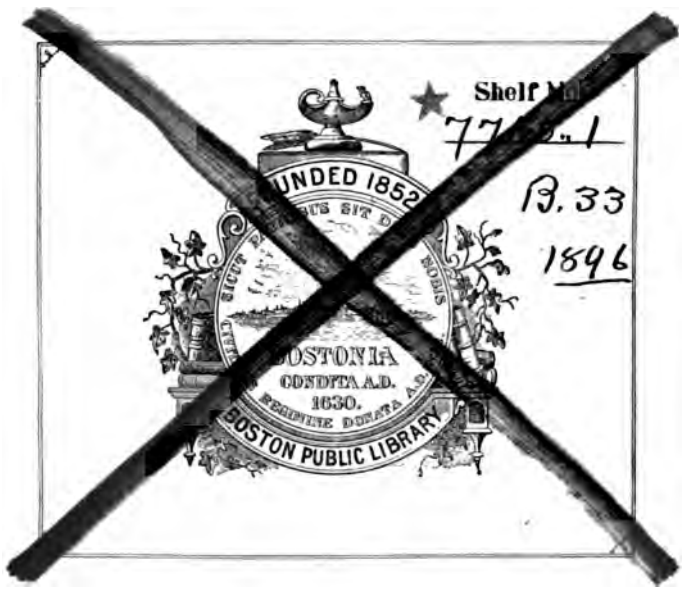
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

PROPERTY OF THE
PUBLIC LIBRARY OF THE
CITY OF BOSTON,
DEPOSITED IN THE
BOSTON MEDICAL LIBRARY.



FRANCIS A. COUNTWAY LIBRARY OF MEDICINE
HARVARD MEDICAL LIBRARY-BOSTON MEDICAL LIBRARY

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

W. KÜHNE, UND C. VOIT,
O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN HEIDELBERG, O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

NEUE FOLGE: FÜNFZEHNTER BAND.
DER GANZEN REIHE: DREIUNDDREISSIGSTER BAND.

A. COUNTWAY
BOSTON, MA
NOV 24 2003

MÜNCHEN UND LEIPZIG
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.
1896.

7760.1
B33
1896

Dec. 16, 1896
N. Cong.

PUBLIC LIBRARY
OF THE
CITY OF BOSTON

Inhalt.

Seite

Zur Muskel- und Nervenphysiologie von Sipunculus nudus. Von J. v. Uexküll. Aus dem physiologischen Institut der zoolog. Station zu Neapel. (Mit Tafel I) 1

Ueber Modification der Gesichtswahrnehmungen unter dem Einfluss von gleichzeitigen Toneindrücken. Von Dr. S. S. Epstein. Aus dem physiologischen Institut zu Bern 28

Analysen der Frauenmilch. Von Dr. Söldner. Mit einer Einleitung von Dr. Camerer und Schlussbemerkungen von beiden Autoren . 43

Ein Apparat für colorimetrische Messungen, insbesondere für quantitative Hämoglobinbestimmungen. Von Dr. med. Wilhelm Zangemeister. Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg 72

Beiträge zur Chemie einiger Seethiere. Von E. Drechsel 85

Drei Versuche über den Einfluss der Muskelarbeit auf die Eiweisszersetzung. Von Otto Krummacher. Aus dem physiologischen Institut zu München 108

Harnsäure, Xanthinbasen und Phosphorsäure im menschlichen Urin. Von Dr. W. Camerer 139

Zur Analyse der Zuckungscurve des quergestreiften Muskels. Von Dr. Karl Kaiser, Privatdocent. Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg. (Mit Tafel II u. III) 157

Ueber die Messung des Blutdrucks mit dem Sphygmographen. Von Rudolf Magnus, cand. med. Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg. (Mit Tafel IV) 178

Ernährungsversuche mit Drüsenpepton. Von Dr. phil. Alex. Ellinger. Aus dem physiologischen Institut zu München 190

Ueber das Verhältniss zwischen Druck und Füllung bei Hohlorganen (Lungen und Herz) und dessen Ableitung aus der Längsdehnung. Von Fr. Klein. Aus dem physiologischen Institut zu Kiel . . . 219

Ueber die Resorption gelöster Eiweissstoffe im Dünndarm. Von Dr. Gg. Friedländer. Aus dem physiologischen Institute zu München 264

Muskelkraft und Gaswechsel. Von Louis Schnyder. Aus dem physiologischen Institute der Universität Bern 2
Der Nahrungsbedarf von Kindern verschiedenen Lebensalters. Eine Entgegnung an die Herren Klas Sondén u. Robert Tigerstedt. Von Dr. W. Camerer 3
Ueber die unterste Grenze des Stickstoffgleichgewichts. Von Erwin Voit. Aus dem physiologischen Institut der thierärztlichen Hochschule München 3
Ueber Federcurven u. Hebelschleuderung. Entgegnung an Fr. Schenck. Von Dr. K. Kaiser, Privatdocent. Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg. (Mit Tafel V) 3
Untersuchungen über die Natur der bei der Contraction des quergestreiften Muskels wirksamen Kräfte. Von Dr. K. Kaiser, Privatdocent. Aus d. physiologischen Institut zu Heidelberg. (Mit Taf. VI und VII) 3
Ueber Kalkausscheidung durch den Harn bei Diabetes. Von Ernst Tenbaum. Aus dem physiologischen Laboratorium in Marburg . 3
Ueber die Veränderungen des Rohrzuckers im Magen-Darmkanal. Von Prof. Heinrich Köbner 4
Beobachtungen und Untersuchungen über den Schlag von Torpedo. Zweite Mittheilung. Von K. Schoenlein, Vorsteher der physiologischen Abtheilung der zoologischen Station zu Neapel. Aus der physiologischen Abtheilung der zoologischen Station zu Neapel. (Mit Tafel VIII und IX) 4
Ueber die Resorption des Traubenzuckers im Dünndarm und deren Beeinflussung durch Arzneimittel. Von Dr. Friedrich v. Scanzoni. Aus dem pharmakologischen Institut München 4
Ueber Resorption von Pepton im Dünndarm und deren Beeinflussung durch Medikamente. Von Ernst Farnsteiner, cand. med. Aus dem pharmakologischen Institut München 4
Ueber das Salzsäure-Bindungsvermögen der Albumosen und Peptone. Von Dr. med. O. Cohnheim. Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg 4
Beiträge zur Physiologie des Säuglings. Von Dr. W. Camerer . . . 5
Analysen der Frauenmilch, Kuhmilch und Stutenmilch. Von Dr. Camerer und Dr. Söldner 5

Zur Muskel- und Nervenphysiologie von Sipunculus nudus.

Von

J. v. Uexküll.

(Aus dem physiologischen Institut der Station Neapel.)

(Mit Tafel I.)

Die Zahl der Muskel- resp. Nervmuskelpräparate aus dem Gebiet der Wirbellosen hat bereits eine stattliche Höhe erreicht. Mit den Eigenschaften der Mollusken- und Arthropoden-Muskeln haben uns die Arbeiten von Fick, Richet, Frédéricq, Rollet, Schönlein und Biedermann bekannt gemacht. Kühne hat uns gelehrt eine Myxomycete in ein Muskelpräparat, zu verwandeln. In neuester Zeit haben Fürst und Biedermann auch das Gebiet der niederen Wirbellosen durch ihre Arbeiten an Anneliden, Holoturien und Echiniden eröffnet. Ich selbst habe das Nervmantel-Präparat von Eledone moschata angegeben und stehe soeben im Begriff, ein zweites Muskelpräparat eines Wirbellosen zu publiciren. Es sind dies die Retractoren des Rüssels von Sipunculus nudus.

Entsprechend dem Bedürfnisse vieler wirbelloser Thiere, das empfindliche Vorderende ihres Körpers schnell zurückzuziehen, sind bei ihnen Muskeln ausgebildet, die unabhängig von der übrigen Körpermusculatur, diesem Dienste allein vorstehen und in Folge dessen Eigenschaften zeigen, die sie zum physiologischen Präparat besonders geeignet machen; sie verlaufen frei in der Leibeshöhle, sind gut innervirt und bestehen aus lauter in gleicher Richtung wirkenden contractilen Elementen.

Nun reduciren sich die günstigen Fälle, bei denen man eine derartige Anordnung der Musulcatur erwarten darf, deswegen stark, weil, um denselben Zweck zu erreichen, häufig andere Mittel angewandt werden. Entweder wird das Vorderende durch eine entsprechende Bewegung der ganzen Leibesmusculatur in eine Schale zurückgezogen, wie bei den Schnecken und tubicolen Anneliden, oder dasselbe wird nicht eingestülpt, sondern eingerollt wie beim Schmetterlingsrüssel und Aehnliches mehr.

So bleiben, soweit ich sehen kann, (wenn man von den Rotatorien ihrer Kleinheit wegen absieht) nur zwei günstige Objecte übrig: die Sipunculiden und die dendrochiroten Holoturien.

Ich kann daher Biedermann nicht zustimmen, wenn er die aspidochiroten Holoturien benützt, deren Retractoren zu klein sind. Die von ihm benutzten Längsmuskeln kann man, wie er selbst zugiebt, nie ohne Zerreissungen erhalten, während die Retractoren von Cucumaria z. B. ganz intact bleiben und auch, wie ich mich überzeugt habe, indirect von den Tentakeln aus erregt werden können.

Sipunculus nudus steht, wenn auch einer ganz anderen Familie angehörend, nicht viel höher als die Holoturien und wird daher geeignet sein, die grosse Kluft, die diese von den übrigen Evertebraten scheidet, zu überbrücken.

Deswegen wird sein Retractorenpräparat, wenn einmal eine genaue Vergleichung der contractilen Substanzen vorgenommen werden kann, einen den anderen Präparaten gleichwerthigen Platz einnehmen.

Die vorliegende Arbeit kann als erste über diesen Gegenstand die Aufgabe der Vergleichung nur nebenher erfüllen; ihr Hauptzweck ist es, zu zeigen, was man vom Retractoren-Präparat erwarten darf.

Es müssen hier wie überall Fragen der speciellen Physiologie gelöst sein, ehe man an allgemeine Probleme herantreten darf. Wenn sich auch auf diesem beschränkten Gebiete Lücken finden, so ist das darauf zu schieben, dass mit Anfang Mai an der zoologischen Station zu Neapel das Sipunculiden-Material für

für physiologische Untersuchungen zu sparsam wird, und erst im Hochsommer und dann nach einer weiteren Pause im November, in Folge localer Verhältnisse, wieder reiches Material eingebracht wird.

Anatomie.

Die anatomischen Verhältnisse von Sipunculus nudus, die ich etwas ausführlicher darlegen muss, sind die denkbar einfachsten. Ein derber Hautmuskelschlauch umschliesst die mit rosafarbenem Blut erfüllte Leibeshöhle. Der zarte Darm durchzieht dieselbe als eine in sich zurücklaufende Spirale, so dass der After in die Nähe des Vorderendes und zwar dorsal zu liegen kommt. Als rosa Perlschnur zieht das Centralnervensystem oder der Bauchstrang die sonst nicht charakterisirte Bauchseite entlang, theilt sich am Vorderende, umgreift jederseits den Darm und endigt mit zwei röthlichen knopfförmigen Anschwellungen, die dorsal der inneren Körperwand dicht über dem Anfangstheil des Darmes engverbunden aufsitzen. Sie bilden das Hirn. Das vorderste Viertel des Thieres ist einstülpbar und trägt in Folge dessen den Namen Rüssel. Die Mundöffnung, die mit flimmernden Tentakeln umgeben ist, befindet sich am ausgestreckten Thier ganz vorne, bei der geringsten Erregung schiesst der Rüssel zurück, und die Mundöffnung liegt dann am Ende einer langen Röhre im Inneren des Thieres.

Diese Bewegung wird durch vier Muskeln (Retractoren) hervorgebracht, die rückwärts vom After ringsum der Körperwand ansitzen, die ihnen als Stützpunkt dient, während ihr beweglicher Angriffspunct der vorderste Theil des Rüssels ist.

So sind um den Mund die meisten Organe vereinigt: Zu innerst liegt der Darm mit der ihm anliegenden Polischen Blase, die wohl den Füllungszustand der Tentakel regulirt. Dann kommen die vier Retractoren, welche rings um den Darm gleichmässig angeordnet und nur durch dünnes Bindegewebe mit ihm verbunden sind.

Schliesslich sitzt dorsal das Hirn der Musculatur der Mundöffnung auf.

Vom Hirn ziehen nach vorne zahlreiche Nerven zu den Tentakeln, dem Hauptsinnesorgan des Thieres. Nach hinten treten die Darmnerven, seitlich die beiden oben angeführten Commissuren aus, die, nach Umfassung des Darmes, sich vereinigend, den Bauchstrang liefern. Von den Commissuren erhält jeder Retractor seinen Nerv, der als kaum sichtbarer weisser Strich dem Muskel entlang läuft. Leider sind die weiteren Details des Verlaufs dieser Muskelnerven gänzlich in Dunkel gehüllt.

Der durch die Vereinigung der linken und rechten Commissur gebildete Bauchstrang zerfällt in zwei Theile: einen freien und einen der Leibeswand ansitzenden Theil.

Der vordere, frei in der Leibeshöhle verlaufende Bauchstrang ist durch zwei seitliche Muskelbänder geschützt und entsendet in regelmässigen Abständen lange Nerven zum Rüssel, die gleichfalls durch seitliche Muskelbänder getragen werden. Diese ganze Einrichtung gestattet dem Rüssel die grösste Beweglichkeit, ohne dessen nervöse Verbindungen der Gefahr einer Zerrung auszusetzen.

Der hintere Theil des Bauchstranges liegt, hauptsächlich durch seine in die Körpermusculatur eintretenden Seitennerven fixirt, der Leibeswand leicht auf. Sein perlschnurartiges Aussehen verdankt er den regelmässig austretenden Seitennerven, während eine innere Segmentirung nicht nachgewiesen ist.

Die an gleicher Stelle entspringenden linken und rechten Nerven treffen dorsal zusammen und bilden je einen geschlossenen Kreis. Alle zusammen bilden ein System von Reifen, die in regelmässigen Abständen senkrecht auf dem Bauchstrang sitzen, der sie alle verbindet.

Am Schwanzende des Thieres endet der Bauchstrang mit einer kleinen Anschwellung.

Am Vorderende des Thieres liegen die beiden hellgrün bis dunkelbraun erscheinenden contractilen Segmentalorgane des Thieres, deren Function noch unaufgeklärt ist. Zur Illustrirung des eben Gesagten diene die nebenstehende Abbildung, die ich mit geringen Aenderungen dem Lehrbuch von Vogt und Jung

entnehme, in dem sich eine vortreffliche Abhandlung über Sipunculus nudus befindet, die nur in wenigen Puncten durch die spärlichen späteren Arbeiten überholt worden ist.

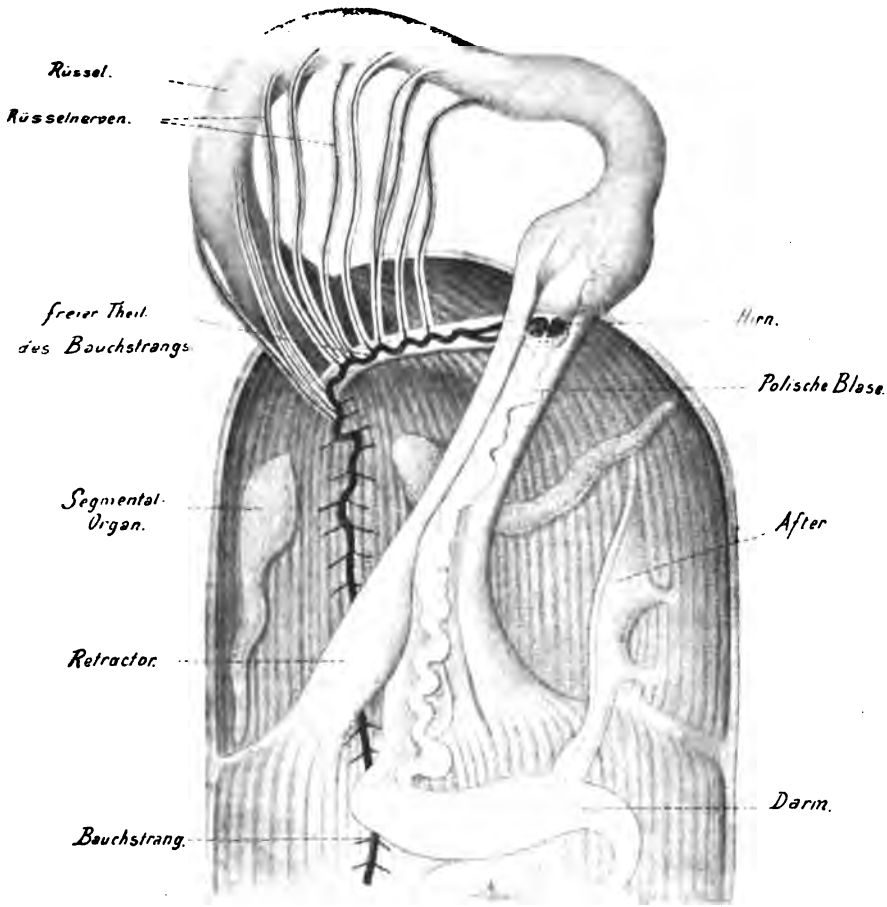


Fig. 1.

Präparation.

Ueber die höhst einfache Präparation von Sipunculus sind nur wenig Worte zu sagen. Die frisch gefangenen Thiere müssen Zwecks Aufbewahrung in ein Bassin gethan werden, das eine 3 cm dicke Schicht von Meersand enthält, und dessen Wasser fortwährend erneuert wird.

Man benutze womöglich nur solche Exemplare, die länger als 10 cm sind und die keinen Defect zeigen, sondern, aus dem Wasser genommen, sich prall anfühlen und nach Einziehung des Rüssels die charakteristische Cigarrenform annehmen.

Das zusagende Thier setzt man in eine Präparirschale und orientirt es so, dass die Afterpapille nach links zu liegen kommt. Mit Stecknadeln wird das Vorder- und Hinterende festgesteckt, dann erfolgt der lange Medianschnitt in der rechten Seitenlinie, der das Thier vollkommen öffnet, wobei das Blut hoch hinausspritzt. Die klaffende Körpermusculatur wird gleichfalls links und rechts festgesteckt, und der Darm mit einem breiten Pinsel entfernt. Dann wird das ganze Thier, wie es ist, gründlich abgespült, und frisches Seewasser zugegossen.

Ist dies beendet, so liegen die Organe in seltener Klarheit vor uns da und lassen sich den ganzen Tag in unveränderter Lebendigkeit erhalten.

Das Centralnervensystem.

Ich stelle eine schematische Darstellung des Centralnervensystems voran, die in Kürze die Erfahrungen wiedergiebt, die ich über die physiologische Verknüpfung der einzelnen Elemente gewonnen habe. Die rein sensibelen Ganglien sind dabei weiss gelassen; die rein motorischen sind schwarz, während die gemischten Ganglien schraffirt sind. Die sensibelen Nerven sind punctirt, die motorischen und intraganglionären Nerven ausgezogen. Die Verbindungen der einzelnen Ganglien im Bauchstrang und den Commissuren muss man sich mit Ganglien besetzt denken.

Die Thatsachen, die mich gerade die vorliegende Anordnung als die entsprechendste haben wählen lassen, sind die folgenden:

Vorab habe ich festgestellt, dass die merkwürdige Verbindung der entsprechenden links- und rechtsseitigen Nerven zu einem Kreis nur eine scheinbare ist. In Wirklichkeit liegt dorsal genau dem Bauchstrang gegenüber eine scharfe Linie, bis zu der jederseits die Nerven herantreten, ohne sie zu überschreiten, sodass jede Hälfte des Stranges nur die ihr entsprechende Leibes-

hälfte innervirt, wie das bei allen bilateral symmetrischen Thieren der Fall ist.

Man überzeugt sich leicht von diesem Verhalten, wenn man einen Wurm dicht neben dem Bauchmark der Länge nach aufschneidet, aufklappt und dann aufgespiest einige Stunden liegen lässt. Dann zeigt sich, dass die Körpermusculatur der undurchschnittenen Seite bis zur dorsalen Mittellinie im normalen Tonus verharrt, während die Musculatur der anderen Seite von da ab bis zur Schnittstelle vollkommen erschlafft ist. Wird der Bauchstrang mit Inductionsschlägen tetanisirt, so contrahirt sich blos die im Tonus befindliche Hälfte, während die erschlaffte nur passiv mitbewegt wird. Dies beweist, dass die motorischen Nerven die Mittellinie nicht überschreiten.

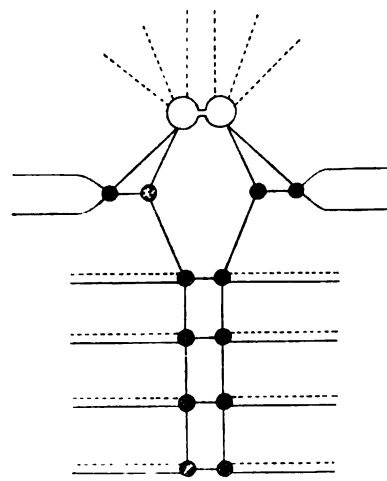


Fig. 2.

Wir wenden uns jetzt dem Bauchstrang selbst zu mit der Frage:

Enthält er lange Nerven, die ein Körperende mit dem anderen direct verbinden, oder wird die Erregung durch kurze Nerven, die von Ganglion zu Ganglion gehen, fortgeleitet?

Zunächst zeigt sich, dass die Erregung sowohl rückwärts wie vorwärts den Bauchstrang passiren kann. Dass dies auch mit derselben Geschwindigkeit geschieht, wurde folgendermaassen festgestellt: der Bauchstrang wurde in der Mitte mit einem stumpfen Haken gefasst und ohne besondere Sorgfalt von seiner Unterlage abgehoben. (Dabei reissen die feinen Seitennerven durch, der Bauchstrang selbst bleibt jedoch anatomisch wie physiologisch intact.) Hat man mehrere Centimeter des Bauchstrangs isolirt, so schneidet man vorn und hinten ein noch innervirtes Stück der Leibeswand heraus. Diese Muskelpräparate, die unter sich durch den Bauchstrang in Verbindung bleiben,

werden je mit einem Schreibhebel verbunden, die mit ihren Spitzen genau untereinander am Kymographion schreiben. Dann lässt man das Kymographion schnell rotiren und tetanisirt den Bauchstrang genau in der Mitte zwischen den beiden Muskelstücken. Der Effect sind zwei gleichzeitige und gleich hohe Curven. Dadurch ist bewiesen, dass der Reiz sich gleich rasch und in gleicher Weise nach beiden Richtungen des Bauchstranges fortpflanzt.

Diese Methode ist jedoch zur Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung nicht anwendbar; denn nach der ersten Reizung sind die beiden Muskelstücke nicht mehr zur Ruhe zu bringen, sie bewegen sich fortwährend auf und ab, bis der Bauchstrang längst jede Spur der Erregbarkeit verloren hat.

Man muss daher, um diesen Zweck zu erreichen, ein Bauchstrang-Retractorpräparat wählen (dessen Herstellung später beschrieben wird) und den Bauchstrang in verschiedener Entfernung vom Muskel tetanisiren. Das Resultat einer solchen Reizung von drei verschiedenen Stellen des Bauchstrangs aus ist auf Taf. I No. I wiedergegeben. Die Zeit ist in $^1/_2$ Secunde aufgetragen, der Reizmoment durch den Muskel selbst bei langsamer Führung der Trommel notirt. Die Entfernungen der einzelnen Reizstellen vom Muskel sind, von oben anfangend, 110 mm, 56 mm und 26 mm. Das Hirn war entfernt. Wie man aus den Curven ersieht, sind die Differenzen sehr grosse. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit berechnet sich auf 100—200 mm pro Secunde, ist also ausserordentlich gering und im ganzen Verlauf des Bauchstrangs dieselbe. Die einzigen längeren Nerven, die uns als Vergleichsobject zur Verfügung stehen, sind die Nerven, die innerhalb der Retractoren verlaufen. Die Versuche, Zahlen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in diesen Nerven zu gewinnen, sind an der grossen Empfindlichkeit dieser Muskeln gegen mechanischen Insult gescheitert. Jedoch lässt sich angeben, dass dieselben die Erregung viel schneller leiten als der Bauchstrang. Denn bei Reizung des Hirnes werden auch die längsten Retractoren im ganzen Verlauf momentan weiss, was ein Zeichen dafür ist, dass auch die letzten Muskelelemente für unser Auge sich im selben Moment contrahiren wie die

ersten, während für die Körpermusculatur das Weiterschreiten der Contraction auch auf kürzeren Strecken deutlich sichtbar ist.

Spricht schon diese Thatsache dafür, dass es nicht blos Nerven sind, die im Bauchmark die Erregung fortpflanzen, so giebt uns die Erscheinung des colossalen Decrements, das die Erregung beim Passiren des Bauchstrangs erleidet, den sicheren Hinweis dafür, dass Ganglien in die Nerven eingeschaltet sind, die einen Theil der Erregung an die Seitennerven abgeben, während nur ein Bruchtheil an die nächstfolgende Ganglienzelle weitergeht.

Die Curven von Taf. I No. I zeigen die Erscheinung des Decrements mit aller Deutlichkeit. Zuerst war die entfernteste Stelle des Bauchstranges mit maximalen Strömen tetanisirt worden und dann die näheren, trotzdem ist die erste Curve die niedrigste.

Dass gleichzeitige Reizung des Bauchstranges caudal- und oralwärts immer nur Summation der Contraction einer dazwischen liegenden Muskelpartie giebt, spricht auch nicht gegen die Einschaltung von Ganglienzellen, deren Existenz durch den histologischen Befund in einer Anordnung von zwei neben einander verlaufenden Strängen festgestellt ist (Carl Vogt).

Wir kommen jetzt auf die Unterschiede zu sprechen, die zwischen Hirn und Bauchstrang vorhanden sind.

Anatomisch ist zu constatiren, dass nur der Eintritt sensibeler Nerven (von den Tentakeln kommend) in das Hirn bis jetzt nachgewiesen ist, während die motorischen Nerven für die Retractoren erst aus den Commissuren austreten, und die motorischen Nerven für das Vorderende des Rüssels erst nach Vereinigung der Commissuren vom freien Theil des Bauchstranges aus abgehen.

Die Darmnerven, deren Natur noch nicht erkannt ist, scheinen auch erst von den Commissuren wenn auch nahe dem Hirn, abzugehen und nicht direct dem Hirn anzugehören.

Physiologisch ist der Unterschied zwischen Hirn und Bauchstrang sehr frappant. Das Hirn ist sehr leicht mechanisch und electrisch reizbar, während der Bauchstrang mechanisch gar nicht und electrisch sehr schwer erregbar ist.

Doch wage ich nicht, auf diesem physiologischen Unterschied fussend, theoretische Folgerungen zu machen, weil dem Hirn ein bis jetzt noch nicht besprochenes Gebilde aufsitzt, das Carl Vogt als Sinnesorgan anspricht. Es ist dies der sogen. Sinnesbüschel, der aus fingerförmigen Fortsätzen besteht, die wimpernde Vertiefungen (Urnen) tragen. Da der Sinnesbüschel nicht mit Sicherheit abgetragen werden kann, und seine Function durchaus unklar ist, so darf man nicht ohne Weiteres die leichte Erregbarkeit dem Hirn als solchem zuschreiben. Doch mag dem sein, wie ihm wolle, sicher ist, dass das Hirn seine relative Grösse der Verbindung mit den zahlreichen sensibelen Tentakelnerven verdankt. Daraus leite ich mir die Berechtigung ab, dasselbe als sensibeles Ganglion zu bezeichnen, gegenüber den gemischten Ganglien des Bauchstranges.

Auf dem Anfangs gegebenen Schema habe ich nahe dem Ursprung des Retractors noch ein motorisches Ganglion eingezeichnet, das ausser seiner Verbindung mit der Commissur noch in directer Verbindung mit dem Hirn steht. Damit habe ich der Thatsache Rechnung tragen wollen, dass eine Hirnreizung einen ganz anderen Effect auf die Retractoren ausübt, als eine Reizung des Bauchmarks. Man vergleiche die isometrischen Curven von Taf. I No. V und VI, die den Effect einer einmaligen Hirn- und Bauchmarkreizung nahe dem Muskel mittels eines Inductionsschlages wiedergeben. Die Curven tragen einen ganz verschiedenen Typus, der sich nicht ändert, wenn man bei Hirnreizung untermaximale Reize nimmt. Daher ist dieser typische Unterschied nicht von der grösseren Erregbarkeit des Hirnes abhängig, sondern muss in der Verschiedenheit des Leitungsweges liegen, der, wie ich annehme, darauf beruht, dass zwischen Hirn und motorischem Ganglion des Retractors keine weiteren Ganglien eingeschoben sind.

Dass wir das letzte Ganglion, von dem aus der Nerv des Retractors austritt, als rein motorisches betrachten können, dafür spricht die Thatsache, dass von den Retractoren aus keinerlei Reflexe ausgelöst werden können, und daher die Existenz sensibeler Nerven nicht bewiesen ist.

Im Grossen und Ganzen lassen sich die allgemeinen Eigenschaften des Nervenapparates folgendermaassen zusammenfassen: Sipunculus nudus ist ein reines Reflexthier, d. h. von jeder Stelle des Körpers aus lassen sich alle Reflexe auslösen, und ausserdem existirt noch ein besonderer Reflexapparat, der die Tentakeln mit den Retractoren des Rüssels verbindet.

Dementsprechend besteht das Centralnervensystem aus einer langen Doppelreihe gleichwerthiger Ganglien, in regelmässigen Abständen unterbrochen durch die Ganglien, die die gemischten Körpernerven entsenden.

Die vordersten Ganglien zeigen eine relative Vergrösserung entsprechend ihrer besonderen Aufgabe, die Tentakeln mit den Retractoren reflectorisch zu verbinden.

Die Herstellung des Retractoren-Präparates.

In Folge der doppelten Innervirung der Retractoren ist es möglich, zwei Neuromuskelpräparate zu erhalten. Doch ist für die meisten Versuche das Hirnmuskelpräparat dem Bauchstrangmuskelpräparat vorzuziehen.

Nach Eröffnung des Thieres und Entfernung des Darmes findet man die Retractoren ad maximum contrahirt. Es ist nun unbedingt geboten, dem Thiere jetzt so lange Ruhe zu lassen, bis die Muskeln wieder vollkommen erschlafft sind. Bei Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaassregel läuft man Gefahr, ein Präparat zu erhalten, das nie wieder aus der Contractur herauskommt.

Je nach dem momentanen Zweck kann man alle drei, zwei oder einen Retractor benutzen, da sie auf den Reiz, den man dem Hirn ertheilt, alle gleichzeitig antworten. Meist habe ich nur einen Muskel benutzt.

Am vortheilhaftesten geht man zur Gewinnung eines einfachen Hirnmuskelpräparates folgendermaassen zu Werk: Man schneidet rings um die Ansatzstelle des gewählten Muskels den Hautmuskelschlauch durch und gewinnt dadurch einen haltbaren Angriffspunct für Haken und Zange. Dann trennt man sorgfältig das Bindegewebe, das den Retractor mit dem Darm, resp.

der Polischen Blase verbindet, durch und legt den Muskel bis zu seiner Ansatzstelle frei. Darauf schneidet man alle übrigen Retractoren an ihrer oberen Ansatzstelle durch und lässt nur den gewünschten Muskel in seiner Verbindung mit dem Rüssel. Der Rüssel wird in $^1/_2$ cm Entfernung vom Muskel durchschnitten. Hierdurch erreicht man ausser einer oberen bequemen Angriffsstelle des Präparates, die man am besten beim Versuch mit einer Nadel auf Kork spiesst, auch noch eine Schutzvorrichtung für die Tentakeln; denn diese bleiben dann in ihrer natürlichen Lage und greifen nicht störend in den Verlauf des Versuches ein. Versucht man, die Tentakeln ganz zu entfernen, so verfällt der Muskel leicht in dauernde Contractur.

Zum Schluss durchschneidet man noch die Seitennerven des freien Bauchstranges und löst damit das Rüsselende von allen nervösen Verbindungen, so dass Hirn- oder Bauchstrangreizung nicht mehr auf dasselbe einwirken kann.

Jetzt ist das Präparat fertig und noch im Besitz seiner beiden nervösen Verbindungen, von denen man nach Belieben die eine oder die andere entfernen kann. Doch habe ich nie irgend welchen Einfluss des einen Theils auf die Reizung der anderen Verbindung bemerkt.

Die allgemeinen Eigenschaften des Retractoren-Präparates.

Der histologische Aufbau der Retractoren ist wenig erforscht; nur weiss man, dass sie aus lauter 2 mm langen und sehr schmalen contractilen Elementen bestehen, die pallisadenförmig in einander greifen. Zu jeder dieser Muskelfasern scheint ein Nerv heranzutreten. Die Musculatur ist glatt; sonst ist nichts bekannt.

Die Länge der Muskeln wechselt mit der Grösse der einzelnen Individuen, die Breite und Dicke auch unabhängig davon. Von der Form und Grösse eines grossen Retractors erhält man ein richtiges Bild, wenn man sich einen grossen Froschsartorius von doppelter Länge vorstellt. Denn auch darin gleichen die Retractoren dem Sartorius, dass ihr vorderes Ende zugespitzt dem Rüssel ansitzt, während das hintere breit an dem Hautmuskelschlauch angreift. Die Contractilität ist grösser als beim Sartorius, die absolute

Kraft geringer. Durch ein Gewicht von 2 g wird der erschlaffte Retractor vollkommen gedehnt.

In Folge der grossen Amplitude seiner Bewegung ist es angebracht, den Retractor nicht mit der gewöhnlichen Vergrösserung des Schreibhebels schreiben zu lassen, weil sonst die Curven über die ganze Trommel des Kymographions hinweggehen, sondern durch ein System von zwei gegeneinander wirkenden Hebeln, die starr aber gelenkig verbunden sind, eine passende Verkleinerung von Fall zu Fall zu wählen.

Das Präparat ist gegen Verletzung und Austrocknung äusserst difficil, auch verträgt das Hirn keine allzu starke und anhaltende Tetanisirung. Doch genügt es bei fortgesetzter Bespülung mit Seewasser und nicht übertriebener Reizung allen gerechten Anforderungen.

Der frische, normale, ganz tonusfreie Retractor, zeigt gegen das Licht gehalten, eine schöne hellblaue Färbung. Die geringste Contraction bewirkt ein Weisswerden der gereizten Stelle, eine Eigenschaft, die von grossem Nutzen für die Beobachtung ist.

Entfernt sich schon durch diese Eigenthümlichkeit der Retractor von den quergestreiften Muskeln, so kommen wir jetzt zu Eigenschaften, die man nach der Analogie des bisher Bekannten nicht erwarten konnte.

Schon Fürst[1]) und Biedermann[2]) haben bei Anwendung des constanten Stromes bei Anneliden und Holoturien gefunden, dass die im Muskel verlaufenden Nerven nicht erregt werden, während die Muskeln sehr gut antworten. Doch ist dieser fundamentale Unterschied, der nicht nur der quergestreiften, sondern auch der glatten Musculatur höherer Thiere gegenüber existirt, nie genügend hervorgehoben worden.[3])

---

1) Fürst u. 2) Biedermann, Zur Physiologie der glatten Muskeln. Pflüger's Archiv Bd. 46.

3) Ich will mich nicht bei einer Vergleichung der Retractoren mit der glatten Musculatur höherer Thiere aufhalten, weil ich mir wohl bewusst bin, dass durchgehend durch's ganze Thierreich dieselben physiologischen Unterschiede zwischen Körper- und Eingeweidemusculatur existiren, wie beim Menschen, und mir daher eine Vergleichung der Körpermusculatur aller Thiere untereinander und der Eingeweidemusculatur aller Thiere unter-

Ich werde nun durch einen unzweideutigen Versuch nachweisen, dass, während die Muskelfasern der Retractoren bei electrischer Reizung in vollem Tetanus sind, die Nervenfasern des Muskels, obgleich sie in voller Erregbarkeit verharren, dennoch durch die tetanisirenden Ströme nicht erregt werden.

Ich befestigte den Muskel in untenstehender Anordnung an den Korken des Stativs, indem ich nicht blos das Rüsselende, sondern auch noch die Mitte des Muskels mit möglichster Schonung der Muskelfasern aufspiesste. Der Muskel zerfällt dadurch in einen horizontalen und einen verticalen Theil; nur die Bewegungen des letzteren können vom Schreibhebel verzeichnet werden. Dann tetanisirte ich eine kleine Strecke des horizontalen Theils mit kräftigen Inductionsschlägen. Wie immer, antwortet nur die direct gereizte.

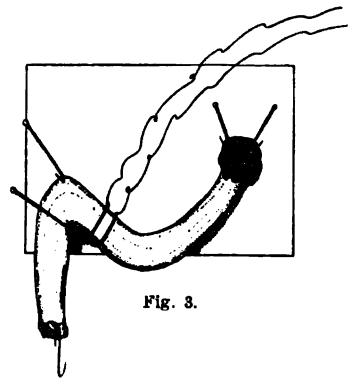


Fig. 3.

Während der Tetanus im horizontalen Theil anhielt, ertheilte ich dem Hirn einen leichten Schlag mit einem nassen Pinsel, und im Moment war die Erregung durch den im Tetanus befindlichen Theil hindurchgegangen; denn der verticale Theil zuckte. Auf den Curven von Tafel I No. II sieht man zwei Erhebungen, von denen die zweite auf die erste aufgesetzt ist. Die erste verzeichnet die geringe passive Verschiebung, die der verticale Theil erleidet bei Tetanisirung des horizontalen; die zweite verzeichnet seine active Antwort auf den mechanischen Hirnreiz.

Das beweist, kurz gesagt, dass die Muskelfasern besser auf den Inductionsstrom antworten, als die zwischen ihnen verlaufenden Nerven, dass sich also im Vergleich zu den quergestreiften Muskeln das Verhältniss der Erregbarkeit umgekehrt hat. Entweder sind bei Sipunculus die Nerven schwerer erregbar geworden, oder die Muskeln sind leichter erregbar geworden, oder beides ist eingetreten.

---

einander viel naturgemässer erscheint, als die unterschiedslose Eintheilung in quergestreifte und glatte Musculatur, die die Vorstellung hervorruft, als hätten viele wirbellose Thiere im ganzen Körper einerlei Musculatur.

Von vornherein können wir sagen, dass die Bedingungen, zur Nervenreizung in Folge des hohen Salzgehaltes der Gewebsflüssigkeiten, wodurch der Leitungswiderstand stark herabgesetzt wird, sehr ungünstige sind. Es ist allgemein bekannt, wie viel stärkere Ströme man braucht, um einen Nerven im Seewasser zu erregen als in 0,6 % Kochsalzlösung.

Ob die Retractornerven auch abgesehen von diesem äusseren Umstand schwerer erregbar sind, als die Nerven höherer Thiere, lässt sich nicht entscheiden. Für die Muskeln aber lässt sich der Nachweis führen, dass sie viel erregbarer sind, als die quergestreifte Musculatur. Das einzige Mittel, um eine Vergleichung der Erregbarkeitsverhältnisse in den Muskelfasern durchzuführen, ist der mechanische Reiz, weil dieser unabhängig ist von dem Salzgehalte der Gewebe. Und da zeigt sich in der That, dass die Retractoren von Sipunculus viel erregbarer sind, als z. B. der Froschsartorius. Die Erregbarkeit der quergestreiften Musculatur durch mechanische Reizung ohne Verletzung oder Quetschung ist mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen worden, während die Retractoren selbst auf den kurzen Schlag eines nassen Pinsels mit localer Contraction antworten.

Dass wirklich nur die Erschütterung das Reizmittel ist, dafür liefern die Curven von Taf. I No. III den Beweis. Sie stammen von einem normalen Retractoren-Präparat ohne Hirn und Bauchstrang. Die Reizung geschah mittels eines Metronoms, das in regelmässigen Intervallen auf den am Muskel hängenden Schreibhebel schlug, wobei immer der ganze Muskel antwortete.

Wie man sieht, wirkt der Schlag nur als Reiz, wenn der Muskel erschlafft ist, oder im aufsteigenden Theil der Curve. Nur dann tritt die Wirkung ein, wenn der Muskel dem Schlage einen gewissen Widerstand entgegensetzt. Im abfallenden Theil der Curve aber wird der Muskel durch den Schlag gedehnt und nicht erschüttert. Hiervon überzeugt uns das Gefühl, wenn wir den Schlag mit der Hand führen. Man fühlt deutlich, wie der Muskel nachgibt, ohne dass man einen Gegenstoss spürte. Wie für den Frosch-Ischiadicus gilt auch hier der Satz: nur Erschütterung reizt.

Was ist der Grund dieser hohen Erregbarkeit der Retractoren? Man wird nicht fehl gehen, wenn man eine andere Eigenschaft derselben hierzu in Beziehung setzt, das ist ihre gelatinöse Beschaffenheit. Es ist einfach unmöglich, einen Retractor festzubinden. Jeder Faden schneidet ihn durch, und wenn er eine kleine Verletzung zeigt, kann man ihn durchbrechen. Da Gelatine ganz anders auf den Stoss antwortet, als ein mit Flüssigkeit gefüllter Schlauch, so glaube ich, dass man in dieser Richtung die Erklärung dieses auffallenden Phänomens wird suchen müssen.

Einfach anzunehmen, dass der Retractor wasserärmer sei, als die quergestreiften Muskeln, scheint mir voreilig zu sein. Denn wenn auch trockene Froschmuskeln mechanisch leicht erregbar sind, so leiten sie andrerseits auch die Erregung von Muskelfaser zu Muskelfaser, während sie bei den Retractoren, wie überhaupt bei allen Körpermuskeln aller wirbellosen Thiere streng auf die Faser localisirt bleibt.

Die Wirkung des constanten Stromes.

Folgende schon erwähnte Eigenschaften, die ich hier nochmals kurz zusammenfasse, machen die Retractoren des Sipunculus zu einem classischen Object für die Untersuchung über die Wirkung des constanten Stromes auf die Musculatur der Wirbellosen.

1. Die Retractoren sind ohne Schwierigkeit, unverletzt und isolirt als anatomische Einheit zu erhalten.

2. Dieselben zeigen in normalen Fällen keinen Tonus.

3. Die kurzen, ca. 2 mm langen Muskelfasern sind alle in der Längsrichtung des Muskels orientirt.

4. Die Nerven sind längs ihres Verlaufs im Muskel durch äussere Reize nicht zu erregen.

5. Die Muskeln sind hellblau und zeigen die geringste Contraction durch Weisswerden, die geringste Dehnung durch Klarwerden an.

Den Grundversuch habe ich folgendermaassen angestellt: Ein Retractor hing mit dem hinteren Ende nach unten an einer

isolirten Nadel frei in der Luft, zwei dünne mit Meerwasser getränkte Wollfäden wurden in einer Entfernung von 1—2 cm von einander dem Muskel angelegt; sie lagen mit dem anderen Ende im Kochsalzton der unpolarisirbaren Elektroden. 4—6 grosse Daniels und ein Rheochord mit Quecksilberschlüssel und Wippe waren die weiteren Requisiten.

Beginnt man mit ganz schwachen Strömen, so zeigt sich (Fig. 4) weiter nichts als ein Weisslichwerden der Substanz in unmittelbarer Nähe der Kathode mit ganz geringer Verkürzung des Muskels.

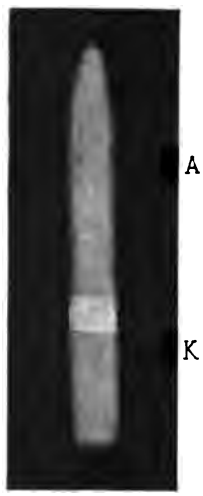


Fig. 4.

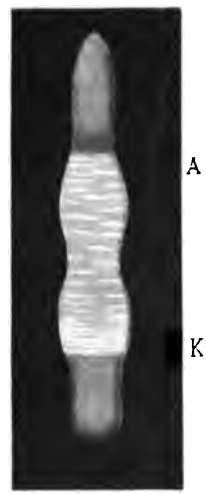


Fig. 5.

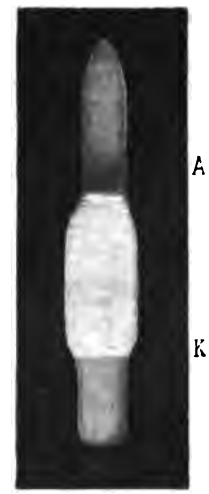


Fig. 6.

Steigert man den Strom (Fig. 5), so wird die Kathodenstrecke ganz weiss und aufgetrieben. Die intrapolare Strecke ist dabei grau geworden in Folge von lauter kleinen weissen Querbändern, die in einem Abstand von 1—2 mm von einander stehen; ferner zeigen sich zwei Wülste, einer an der Anodenstrecke, der andere unmittelbar in den Kastrodenwulst übergehend. Die Anodenstrecke ist klarer geworden und setzt sich gut gegen die intrapolare Strecke ab, dagegen geht sie verstrichen in das normale Hellblau des freien Endes über.

Wendet man nun starke Ströme an (Fig. 6), so wird plötzlich die ganze intrapolare Strecke weiss und zieht sich zu einem

Wulst zusammen. Die Anodenstrecke ist zurückgegangen und erscheint glashell und eingeschnürt (was in der Abbildung nicht genügend zu Tage tritt), so dass sie sich auch gegen das freie Ende hin markirt. Zieht man nun am unteren Ende des Muskels kurz an, was den ganzen Muskel in Tonus versetzt, so werden die freien Enden auch weisslich, und an der Anode entsteht im freien Ende ein neuer Wulst, der sich scharf gegen die Anode abhebt, die sich noch weiter verdünnt hat und in einzelnen Fällen durchreissen kann.

Legt man den Muskel auf eine isolirende Unterlage, so wird der ganze Muskel von Anfang an weiss, weil er sich auf den Reiz der festen Unterlage stets verkürzt. Doch kann man mittels aufgelegter Papierstückchen die Bewegungen der Substanz schön verfolgen.

Bei monopolarer Reizung erhält man bei Anwendung der Anode als Localreiz eine Furche bei Anwendung der Kathode einen Wulst an der berührten Stelle. Schliesslich habe ich noch bei Oeffnung des Stromes in einzelnen Fällen ein Weisswerden der Anode mit Sicherheit beobachten können.

Wie man aus diesen Versuchen ersieht, haben wir im vorliegenden Beispiel einen ganz einwurfsfreien Fall für das Verhalten glatter Muskelsubstanz an der Eintritts- und Austrittsstelle des Stromes.

Das letzte Wort, das in dieser Angelegenheit gesprochen worden ist, finden wir in Biedermann's Elektrophysiologie Bd. I, pag. 219:

»Als wichtigstes und wesentlichstes Ergebniss der vorstehend beschriebenen Versuche an verschiedenen glattmuskeligen Theilen stellt sich vor Allem die Thatsache heraus, dass in Uebereinstimmung mit dem polaren Erregungsgesetz, wie es sich für den quergestreiften Muskel als geltend zeigte, die Schliessungserregung ausnahmslos nur an der physiologischen Kathode, d. i. den wirklichen Austrittsstellen des Stromes aus der contractilen Substanz des Gesammtmuskels aufgelöst wird, von wo sie sich nur ausnahmsweise über weitere Strecken fortpflanzt.«

Wie wir uns durch Fig. 5 überzeugen können, ist dieser Satz für Sipunculus nudus nicht zutreffend. Es tritt bei Schliessung des Stromes nicht bloss an der Austrittsstelle desselben aus dem Gesammtmuskel Erregung ein, sondern auch in der intrapolaren Strecke (möglicherweise bilden sich an jeder Faser Anode und Kathode). Dass diese Thatsache sowohl Fürst wie Biedermann entgangen ist, erklärt sich, abgesehen von den ungünstigen Objecten, mit denen sie operirten, die nicht alle Details zeigten, vor allem dadurch, dass ihre Muskeln nicht tonusfrei waren. An einem Retractor, der von Anfang an im Tonus ist und weiss erscheint, kann man von einer Erregung der intrapolaren Strecke auch nichts erblicken. Nun fehlen mir über die Annelidenmuskeln die genügenden Erfahrungen, obgleich ich aus dem Auftreten des zweiten Annodenwulstes auch von ihnen annehmen muss, dass sie im Tonus waren; von den Längsmuskeln der Holothurien, die Biedermann benutzte, kann ich jedoch mit Sicherheit behaupten, dass man sie gar nicht tonusfrei erhalten kann, wie das auch Biedermann ausdrücklich zugibt. Die Ausbreitung der Erregung über weitere Strecken der Muskeln kommt bei der Stammesmuskulatur der Wirbellosen nicht vor, was im Widerspruch zu Engelmann's Theorie der directen Muskelleitung steht, wohl aber wird man dieselbe bei der Eingeweidemuskulatur einzelner Wirbellosen wahrscheinlich nachweisen können.

Weiter fährt Biedermann fort: »An der physiologischen Anode selbst tritt dagegen niemals bei Schliessung des Stromkreises Erregung ein, wohl aber macht sich im Falle des Bestehens eines tonischen Contractionszustandes an der genannten Stelle eine locale Hemmung des bestehenden Erregungszustandes, als eine mehr oder weniger deutliche örtliche Erschlaffung des Muskelgewebes bemerkbar, worauf unter Umständen nach Oeffnung des Stromes eine Contraction folgt, die in Bezug auf Ausdehnung und Charakter vollkommen der kathodischen Schliessungsdauercontraction gleicht. Während nun diese letztere fast immer als ein ziemlich scharf begrenzter Wulst auftritt, macht sich zu beiden Seiten der Anode eine oft über grössere Strecken ausgedehnte Schliessungsdauer-

contraction von ganz anderem Charakter bemerkbar, welche in einzelnen Fällen (Darm, Hautmuskelschlauch der Würmer, Ureteren) den Anschein erweckt, als ob hier die Schliessungserregung überhaupt nur oder doch ganz vorwiegend von der Anode ausginge, eine Ansicht, die in der That von Lofé hinsichtlich des Darmes geäussert wurde.«

Zu diesen von Fürst und Biedermann beobachteten räthselhaften Erregungserscheinungen zu beiden Seiten der Anode liefert der Retractor den Schlüssel. Zum ersten Male sind wir in der Lage, ein und dasselbe Präparat im Tonus und im tonusfreien Zustand zu beobachten.

Wählt man einen Retractor, der sich von Anfang an im Tonus befindet, was sich durch seine weissliche Farbe deutlich kundgibt, zum Versuche aus, so verhält er sich genau so, wie das Fürst und Biedermann bei Anneliden- und Holoturien-Muskeln beschreiben, d. h. es bilden sich an der Anode zwei deutliche Wülste aus, während der normale, tonusfreie Muskel nur an der intrapolaren Seite der Anode einen solchen Wulst zeigt (Fig. 5). Ich habe oben angegeben, wie man nachträglich d. h. während der Reizung einen Muskel durch einen kräftigen Zug total in Tonus versetzen kann, dann tritt am selben Muskel, der vorher nur den intrapolaren Anodenwulst zeigte, auch noch der extrapolare Anodenwulst auf. Hierdurch ist zur Evidenz bewiesen, dass der extrapolare Anodenwulst nur eine secundär durch den im freien Ende auftretenden Tonus hervorgerufene Erscheinung ist.

Da in der intrapolaren Strecke auch beim normalen Muskel Tonus herrscht, so dürfen wir folgerichtig schliessen, dass dieser Tonus die Ursache des intrapolaren Anodenwulstes ist.

Somit bleibt als einzige direkte Folge des constanten Stromes an der Anode nur eine Verdünnung der Substanz übrig.

Die Frage, ist diese Verdünnung ein activer oder ein passiver Vorgang? ist durch Biedermann bereits gelöst worden.

Er weist darauf hin, dass bei bereits vorhandener Erregung an der Anode eine deutliche Hemmung derselben eintritt.

Ausschlaggebend jedoch ist erst die von ihm mit aller Bestimmtheit beobachtete Thatsache, die ich durchaus bestätigen kann, dass bei monopolarer Anodenreizung eine Gesammtverkürzung des tonischen Muskels auftritt, die auf eine beiderseits von der Anodenstelle auftretende Erregung zurückzuführen ist.

Würde an der Anode activ die Muskelsubstanz nach beiden Seiten abfliessen und derart links und rechts einen Wulst erzeugen, so wäre nicht abzusehen, warum eine Gesammtverkürzung des Muskels eintreten sollte.

Diese Auffassung Biedermann's steht in vollem Einklang mit der Thatsache, dass ein extrapolarer Anodenwulst bei bipolarer Reizung der Retractoren sich nur dann bildet, wenn im freien Ende Tonus vorhanden ist. Diese Thatsache ist schlechterdings mit der Annahme einer activen Verdünnung nicht zu vereinigen.

Wir werden demnach anzunehmen haben, dass an der Anode eine Erschlaffung der Muskelsubstanz eintritt und dass in Folge der einerseits oder beiderseits eintretenden Contraction eine Verdünnung an dieser Stelle eintritt.

Da die Anodenstelle sich der normalen, wie wir sagen, tonusfreien Substanz des freien Endes gegenüber erschlafft zeigt, so müssen wir annehmen, dass es einen Normaltonus gibt, der herabgesetzt werden kann.

Und nun lässt sich das Erregungsgesetz des constanten Stromes für die Retractoren von Sipunculus mit aller Schärfe formuliren. Es lautet: Herabsetzung des Tonus an der Anode — Steigerung des Tonus an der Kathode, während der Stromschliessung. Bei Stromöffnung wird Steigerung des Tonus an der Anode beobachtet. So weit meine eigenen Erfahrungen reichen, gilt dieses Gesetz gleichfalls für Krebsmuskeln und für die Schlundmuskulatur von Aplysia und Thetis. Das Gleiche gilt nach Schönlein für das Herz von Aplysia. Ebenso lassen sich die Beobachtungen von Fürst an Anneliden darunter zusammenfassen. Auch erscheint es nur als eine vereinfachte Form des oben angeführten Satzes von Biedermann, der seinen Ausspruch auf Erfahrungen an Darm- und Uretermuskeln der Wirbelthiere, ferner auf Beobachtungen von Anodonta, Echi-

niden, Holothurien und Anneliden stützt. Das Gesetz scheint demnach für die gesammte Muskulatur der Wirbellosen zu gelten, wie für die glatte Muskulatur der Wirbelthiere.

Dieser ausnahmslosen Uebereinstimmung im Verhalten der Muskelsubstanz der Anode und Kathode gegenüber erscheint die Differenz der Ergebnisse über die Erregung der intrapolaren Strecke ganz bedeutungslos. Denn dieselbe ist abhängig von einer Frage ganz zweiter Ordnung nach dem Verbindungsmodus der einzelnen Muskelfasern unter einander. Es thut der Wichtigkeit des polaren Erregungsgesetzes durchaus keinen Abbruch, wenn es Muskeln gibt, die aus lauter kleinen Elementen zusammengesetzt sind, deren Verbindungssubstanz wie ein eingeschobener fremder Leiter wirkt.

Isotonische und isometrische Curven.

Es lag mir vor allem daran, die Retractoren darauf hin zu prüfen, ob es gelänge, neben den isotonischen Curven auch isometrische zu erhalten, weil nur die Zusammenstellung dieser Curven die Aussicht gewährt, in die inneren Vorgänge des Muskels einzudringen und eine Vergleichung mit höher differenzirten Muskeln anzubahnen.

Die Methode, um isotonische Curven von nicht übertriebener Höhe zu erhalten, habe ich oben beschrieben. Es sei nur noch bemerkt, dass an der Achse des unteren »schreibenden« Hebels das belastende Gewicht hing und zwar von der Grösse, dass es durch ein Gewicht von 2 g ausbalancirt wurde, welches mittels eines über eine Rolle geschlungenen Fadens am Angriffspunkt des Muskels am oberen »Verkleinerungshebel« zog. So hatte der Muskel in Wirklichkeit bloss 2 g zu tragen.

Bei isometrischer Schreibung benutzte ich einen von Herrn Prof. Schönlein freundlichst zu diesem Zwecke verfertigten Spannungsmesser, der eine vereinfachte Modification seines von Leo Wolff[1]) beschriebenen Spannungsmessers darstellte. Die Vereinfachung bestand im Wesentlichen darin, dass der Schreib-

1) Leo Wolff, Versuche über Doppelreizung bei isometrischer Muskelthätigkeit. Physiol. Institut Würzburg. Inaug.-Diss. 1889.

hebel direct an einer schwachen Stahlfeder sass, welche an den Arm des Stativs angeklemmt wurde. Nahe ihrer Befestigung trug sie in der Mitte eine kleine Grube, in die der Stift des Bügels eingriff, welcher den Muskel trug. Dieser Bügel war leichter gearbeitet, als beim ersten Spannungsmesser Schönleins. Die unteren Theile des ersten Apparates wurden beibehalten.

Durch diese Vereinfachung und durch passende Wahl der Feder gelang es nach vielen missglückten Versuchen Curven zu erhalten, die einen glatten Verlauf zeigten.

Vorzubemerken ist, dass die Muskeln, wenngleich die Curven einen Verkürzungsrückstand zeigen, doch bald eine Nachdehnung erfahren, die auf den Tafeln nicht mehr sichtbar ist, und die man ausgleichen muss.

Erst wurde die Grösse der aufgeschriebenen Spannung durch nachträgliches Belasten der Feder gemessen: es ergab sich im Durchschnitt für kräftige Muskeln ein Maximum der Spannung von 20 g am Curvengipfel.

Dann wurden die drei möglichen Curvenformen, bei directer, bei Hirn-, und bei Bauchstrang-Reizung gewonnen.

In allen Fällen wurden maximale Oeffnungs-Inductionsschläge benutzt, die ein grosser Du Bois'scher Schlitten von einem Chromsäure-Element getrieben bei bis zur Hälfte übereinander geschobenen Rollen ertheilte. Taf. I No. IV gestattet einen Vergleich von isometrischen Curven bei directer Muskelreizung und bei Hirnreizung. Man sieht, dass bei directer Reizung die Curven steiler und höher ansteigen und ihren Gipfel früher erreichen als bei Hirnreizung. Diese Unterschiede, die auf eine verzögernde Wirkung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nerven im Muskel schliessen lassen, sind, wenn auch stets vorhanden, nicht immer mit derselben Deutlichkeit ausgesprochen. Im vorliegenden Falle war die Feder des Spannungsmessers besonders kräftig, so dass die Curven trotz ihrer geringen Höhe doch beinahe das Maximum von 20 g Spannung erreichten, wie die gleich folgenden Curven, die mit einer ungleich schwächeren Feder geschrieben wurden.

Wir vergleichen jetzt die isometrischen Curven von Taf. I No. V, die bei Hirnreizung gewonnen sind, mit den Curven von Taf. I No. VI, die von Bauchstrangreizung in möglichster Nähe des Muskels unter sonst gleichen Umständen stammen. Die Unterschiede sind derart ins Auge fallend, dass ich daraus auf einen Unterschied in den Leitungsbahnen geschlossen habe. Es wird bei Bauchstrangreizung der Curvengipfel erst erreicht, wenn die Hirnreizungscurve fast bis zur Abscisse wieder abgefallen ist.

Am interessantesten gestaltet sich die Vergleichung der Curven auf Taf. I No. V, die ein Paar isotonischer Curven mit ein Paar isometrischer Curven bei Hirnreizung zusammenstellt. Dieses Beispiel ist absolut typisch. Auch beim selben Präparat zeigen isotonische und isometrische Curven das gleiche Verhältniss. Die isometrische Curve steigt steiler an und erreicht den Gipfel früher als die isotonische — das ist ein ganz normales Verhalten. Der abfallende Theil der isotonischen Curve zeigt dagegen eine ganz abnorme Verzögerung gegenüber der isometrischen. Der Muskel bleibt demnach noch lange Zeit verkürzt, nachdem die durch den Reiz hervorgerufenen Spannungsänderungen abgelaufen sind. Bevor man aus dieser Thatsache Schlüsse auf irgend welchen Mechanismus in der einzelnen Faser zieht, glaube ich darauf aufmerksam machen zu müssen, dass die Verhältnisse in einem aus lauter kleinen Elementen pallissadenförmig aufgebauten Muskel doch wesentlich andere sind, als in einem aus langen parallelen Fasern bestehenden Muskel. Es ist nicht auszuschliessen, dass ausser der Verkürzung und Verdickung jedes einzelnen Elementes auch Verschiebungen der Elemente gegeneinander stattfinden können, in der Art etwa, dass vor der Contraction in einem Querschnitt sich je 10 Fasern befinden, während im contrahirten Zustand 20 Fasern in einer solchen Querschnittsebene liegen. Dann müssten bei der Wiederausdehnung 2 Processe ganz getrennter Natur ablaufen. Einmal wird sich jede Faser für sich wieder ausdehnen und zweitens muss jede Faser wieder an ihren richtigen Ort rutschen. Bevor dies nicht geschehen ist, wird der Muskel verkürzt bleiben.

Die isometrische Curve, die eine Contraction nur in ganz geringem Maasse gestattet, und die Muskelfasern zwingt, ihre gegenseitige Lage beizubehalten, gibt daher nur die Vorgänge wieder, die sich in den einzelnen Fasern abspielen. Die isotonische Curve dagegen kann durch eine solche Verschiebung der ganzen Fasern gegen einander, die nur langsam zu ihrem alten Platz zurückkehren, modificirt sein und daher diesen ganz abnormen abfallenden Theil aufweisen.

Auch die oben besprochene Unwirksamkeit mechanischer Schläge auf den Hebel, die den Muskel in seiner Achse während der Ausdehnung treffen, stimmt mit dieser Möglichkeit ganz gut überein, es würden darnach nicht die einzelnen Fasern ruckweise gedehnt (was sie erregen müsste), sondern nur auseinander gezogen werden.

Hand in Hand mit der Art der Muskelzuckung geht die Verfärbung des Muskels. Bei isometrischer Reizung wird der Muskel plötzlich weisslich, um gleich wieder klar zu werden; während bei isotonischer Reizung der Muskel plötzlich weiss wird, um dann ganz allmählich klarer zu werden. In dieser Periode kann man durch sanftes Ziehen sowohl die Verlängerung wie die Aufhellung sehr beschleunigen. Ist dagegen der Retractor in dauerndem Tonus begriffen, so hilft das Ziehen nichts, er schnellt, so wie man loslässt, wieder zusammen.

Es gehen aber ermüdete Präparate unmerklich bei wiederholter Reizung in immer länger dauernden Tonus über.

Von ganz anderem Typus endlich sind die Curven, die man erhält, wenn man die rhytmischen Bewegungen aufschreibt, von denen häufig, wenn auch für kurze Zeit, normale und sehr erregbare Hirnmuskelpräparate befallen werden, bevor die für die Versuche nothwendige Ruhe eintritt. Auf Taf. I No. VII finden sich derartige »spontane« Curven. Wenn man berücksichtigt, dass in diesem Fall die Zeit in ganzen Secunden eingetragen ist, während sie bei allen übrigen Curven eine halbe Secunde beträgt, so ist, abgesehen von ihrem tetanischen Charakter, die Dauer einer solchen Curve bemerkenswerth, denn während eine isometrische Zuckung ca. $^3/_4$ Secunde und eine

isotonische ca. 3¾ Sec. in Anspruch nimmt, dauert eine spontane Zuckung über ⅛ Minute.

Zur Messung der Latenzzeiten wählt man mit Vortheil isotonische Schreibung ohne Verkleinerung, wobei die Curven fast senkrecht von der Abscisse aufsteigen. Da das Hirn durch Inductionsreize leicht leidet, dagegen mechanische Reizung vortrefflich erträgt, habe ich eine Anordnung getroffen, die es gestattet, das Hirn mechanisch zu reizen und gleichzeitig den Moment der Reizung zu notiren. Die Einrichtung ist folgende: an einem T-förmigen Glasrohr sitzen drei Gummischläuche von gleicher Länge. Jeder derselben führt zu einer Marey'schen Trommel. Zwei dieser Trommeln tragen lange Hebel, die in der gewöhnlichen Weise am Rande der Trommel eingelenkt sind und von einem Stift getragen werden, der sich in der Mitte einer der Gummimembran aufsitzenden Metallplatte befindet.

Die dritte Trommel ist bloss mit Gummi überzogen und wird durch ein niederfallendes Hämmerchen erschüttert, welches bei jedem Trommelumgang durch einen auslösenden Stift umgeworfen wird. Der Stoss überträgt sich durch die Luft der communicirenden Röhren und setzt beide Hebel, wie man sich leicht überzeugen kann, im selben Moment in Bewegung. Nun wird der eine Hebel dem Hirn von unten aus angelegt, während der andere dicht unter dem Schreibhebel zu liegen kommt, um diesen zu bewegen, oder direct an der Trommel schreibt. Auf diese Weise wird der Reizstoss im selben Moment auf das Hirn und den Schreibhebel des Muskels übertragen und dieser notirt den Reizmoment mit grosser Sicherheit. Die Curven auf Taf. I No. VIII gestatten einen Vergleich von Curven bei Inductionsreiz mit nachträglich geschriebener Reizmarke, mit Curven der mechanischen Reizung, die auf obige Weise geschrieben sind. Nach ihnen würde sich eine Latenz bei Hirnreizung von $^1/_{24}$ Secunde ergeben. Ich habe die Latenzbestimmungen aus Mangel an Material nicht zu Ende führen können, habe aber von der Publikation dieser Methode nicht abstehen wollen, weil sie die erste ist, um den Moment der mechanischen Reizung ohne Anwendung

des elektrischen Signals direct und mit grosser Sicherheit zu markiren.

Vorliegende Arbeit wurde im Laufe dieses Frühjahrs an der zoologischen Station zu Neapel vollendet und verdanke ich wiederum viele der hier vorgetragenen Ergebnisse der liebenswürdigen Unterstützung durch Herrn Professor Schönlein, dem Leiter des physiologischen Instituts.

Ein Arbeitsplatz wurde mir von der kaiserlichen Universität Strassburg i. E. zugewiesen, wofür ich derselben meinen ergebensten Dank ausspreche.

Ueber Modification der Gesichtswahrnehmungen unter dem Einfluss von gleichzeitigen Toneindrücken.

Von

Dr. **S. S. Epstein.**

(Aus dem physiologischen Institut zu Bern.)

Erste Mittheilung.

Die Aufgabe, welche ich mir gestellt habe, bestand darin, zu untersuchen, inwiefern und in welchem Grade Toneindrücke im Stande sind, auf die grössere oder geringere Schärfe der Gesichtswahrnehmungen von Einfluss zu sein.

Ich wurde hier vom Complicirteren zum Einfacheren geführt, wobei allerdings die experimentelle Durcharbeitung dieses Einfacheren geeignet war, auf das Complicirte ein wenig Licht zu werfen.

Das Complicirtere war in diesem Falle die sogenannte »audition colorée«, welche in den letzten Jahren zum förmlichen »enfant terrible« der Physiologen und Experimentalpsychologen geworden war. Lussana[1]), Nussbaumer[2]), Fechner[3]) etc. etc., und in neuerer Zeit Ed. Gruber[4]) haben sich mit diesem Phänomen beschäftigt, und im V. Bande des Hall'schen »Americain Journal of Psychology« wird eine Literatur von 84 Nummern über diesen Gegenstand aufgezählt.

1) Archives italiennes de biologie, 1882.

2) Wr. med. Wochenschrift, 1874.

3) Vorschule der Aesthetik. Leipzig 1875.

4) Die »audition colorée« etc. Congress für experiment. Psychologie. London 1892.

Diese Masse von Arbeiten hat nicht einmal ein halbwegs übereinstimmendes Resultat zu Tage gefördert, sie hat auch nicht ein inductives Material geliefert, welches für den modernen Forscher eine Grundlage für weitere Arbeiten bilden könnte.

Die erhaltenen Resultate machen zwar auf den ersten Blick einen höchst bestechenden Eindruck; vergleicht man aber die einzelnen Autoren miteinander, so findet man die widersprechendsten Dinge.

Während die einen das Phänomen der »audition colorée« einfach für Schwindel erklären und rathen, sich mit dieser Frage nicht weiter zu befassen[1]), erklärte Gruber[2]) am Psychologen-Congress in London dasselbe für eine »Manifestation der unbewussten Thatsachen, regiert von einfachen mathematischen Gesetzen«, für ein »Echo der im Kosmos herrschenden Mathematik«.

Tritt man nun der Art und Weise näher, auf welche die Resultate gewonnen wurden, so wird man sich allerdings nicht wundern, dass die Forschung dieses Vorwurfes solche Blüthen gezeitigt hat.

Das Phänomen der »audition colorée« wurde als a priori gegeben angenommen; an Erklärungen, die mit den thatsächlichen anatomischen Verhältnissen übereinstimmen, wurde gar nicht oder nur in zweiter Linie gedacht, und man trachtete hauptsächlich danach, in Bezug auf Photismen oder Phonismen »Gesetze« aufzustellen.

Noch viel weniger wurde an eine streng experimentelle Behandlung des Gegenstandes gedacht, da ja jeder Ausgangs- oder Anhaltspunct für eine solche fehlte. Man verlegte sich vielmehr auf das bequeme und zu nichts verpflichtende Ausfragen und Versenden von Fragebogen.

Auf diese Weise entstanden das entsprechende Capitel bei Fechner[3]), die Werke von Steinbrügge[4]) und Suarez

---

1) Itelson, Zeitschr. f. Physiologie u. Psychologie der Sinnesorgane. Februar 1893.

2) Gruber, a. a. O.

3) Fechner, a. a. O.

4) Ueber secundäre Sinnesempfindungen. Wiesbaden 1887.

Mendoza[1]) und das etwas phantastische Buch von Bleuler und Lehmann.[2])

Dass die durch Vermittelung der Fragebogen gewonnenen Resultate auf Verlässlichkeit oder wissenschaftlichen Werth auch nicht den geringsten Anspruch machen dürfen, brauche ich nicht erst detaillirt auseinander zu setzen. Die Folge solcher Enquêten und der damit verbundenen Suggestion, Autosuggestion und absichtlicher Täuschung war die, dass man für die Auswahl von Photismen den grössten Spielraum hatte.

Nach den verschiedenen Circularen und Zusammenstellungen war jeder Ton in beinahe sämmtlichen Spectralfarben vertreten.

Noch viel merkwürdigere Dinge über Photismen bez. Chromatismen erzählte Ed. Gruber[3]) von einem Individuum, welches er auf dem Psychologen-Congress zu London vorführte.

Dass dieses Individuum, ein rumänischer Gelehrter, die mannigfachsten und feinsten Chromatismen empfand, ist ja nicht unmöglich. Wenn uns aber Gruber erzählt, dass seine Versuchsperson beim Aussprechen des Wortes »doï« (zwei) ein so intensives gelb empfand, dass ein rother Kreis auf der gegenüberliegenden Mauer ihm deutlich orange erschien, so kommt mir dieses Factum höchst unwahrscheinlich vor und zwar schon aus dem Grunde, weil es doch nicht recht möglich ist, dass sich eine im Gehirne vorgestellte Farbe mit einem auf die Netzhaut wirkenden Eindrucke mischt.

Der erste, welchem das Verdienst gebührt, von dieser unwissenschaftlichen Bahn ab und der experimentellen Behandlung unseres Phänomens näher getreten zu sein, war Urbantschitsch.[4]) Dieser stellte es sich zur Aufgabe, zu untersuchen, inwieweit eine Sinneserregung die anderen Sinnesempfindungen zu beeinflussen in der Lage ist.

So dankenswerth auch die von Urbantschitsch gegebene Anregung ist, so sind doch seine Resultate absolut unverlässlich;

---

1) L'audition colorée. Paris 1890.
2) Zwangsmässige Lichtempfindungen bei Schall. Leipzig 1881.
3) Gruber, a. a. O.
4) Urbantschitsch, Pflüger's Archiv 1892.

denn erstens war seine Anordnung: Vorzeigen verschieden gefärbter Farbenfelder, so, dass er selbst nie wissen konnte, ob sich seine Versuchsperson nicht selbst suggerire, zweitens unterschied er bei seinen Versuchen nicht, ob Sehschärfe, Aufmerksamkeit oder Farbensinn geprüft werden, und endlich ist die Anzahl seiner diesbezüglichen Versuche viel zu gering — er hat im Ganzen 10 Versuche —, als dass sich daraus Schlüsse ziehen liessen.

Auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. Hugo Kronecker habe ich mich daher entschlossen, diesem Gegenstande näher zu treten, und theilte das Thema in drei Theile und zwar:

a) Erhöhung der Sehschärfe,
b) Erhöhung des Farbensinns,
c) Einschränkung des peripheren Gesichtsfeldes unter dem Einfluss gleichzeitiger Toneindrücke.

Der erste und andeutungsweise auch der zweite Theil mögen nun in dieser Mittheilung Platz finden.

Methode und Anordnung der Versuche.

Bei der Anordnung der Versuche hatte ich in erster Linie folgende Factoren in Rücksicht zu ziehen:

1. Vor allem musste eine Einrichtung getroffen werden, wodurch eine absichtliche oder unabsichtliche Täuschung möglichst ausgeschlossen war.

2. Es mussten zur Prüfung der Wahrnehmungsschärfe solche Objecte gesucht werden, welche hart an der Empfindungsschwelle liegen.

3. Drittens war es, um die Reize auf einen Ort der Retina zu beschränken, nothwendig, dass das Object fixirt werde.

4. Es mussten alle Nebengeräusche, welche geeignet waren, die Aufmerksamkeit abzulenken, abgehalten werden.

5. Sollten die Schallwellen in ungefähr gleicher Stärke direct aufs Ohr übertragen werden.

Diesen fünf Anforderungen glaube ich durch folgende Aufstellung genügt zu haben.

Den an das Optik-Zimmer des physiologischen Institutes stossenden sechseckigen Erker, welcher zum Aufenthalt für die Versuchsperson bestimmt war, liess ich durch schwarze Wachsleinwand ganz verdunkeln, und die Thüre zum Optik-Zimmer völlig schalldicht verschliessen.

In die Mitte dieser Thüre wurde ein Loch gebohrt, welches, mit einer Gummipackung versehen, zur Aufnahme eines Katheto-meter-Fernrohres diente. In der Verlängerung der Fernrohrachse, in einer Entfernung von 7 m, war auf einen Tisch ein Drehuhrwerk aufgestellt, welches die Versuchsscheiben ca. 2500 Umläufe pro Minute machen liess.

Sowohl Tisch, als auch Drehuhrwerk waren auf dicke Filzscheiben gestellt, um das ohnehin schwache Geräusch der Uhr ganz abzudämpfen.

Ich verwendete zweierlei Versuchsscheiben:

a) Zur Prüfung der Erhöhung der Sehschärfe.

Im physiologischen Institute fand ich nach Angabe von Prof. Dr. Pflüger zu Bern hergestellte Scheiben (den Masson'schen entsprechend) von neutralgrauer Farbe und mit kreisförmigen concentrischen farbigen Streifen von verschiedener Bogenlänge bemalt.

Wenn man die Scheibe in rasche Rotation versetzt, so erscheinen auf dem neutralgrauen Hintergrund concentrische Kreise, deren Wahrnehmbarkeit mit der Länge der Bogenstücke zunimmt.

b) Zur Bestimmung des Farbensinns.

Hier wurden Scheiben mit farbigen Sectoren benutzt, die sich gegeneinander verschieben liessen.

Was nun die Tonzuleitung anbetrifft, so geschah dieselbe auf folgende Weise:

Auf ein kräftiges Gebläse wurde ein mit sieben Tönen versehener Orgelkasten aufgesetzt; von den drei Schallöffnungen wurden zwei dicht verstopft, und auf die dritte ein König'sches Stethoskop mit Doppelmembran aufgesetzt; an dasselbe kamen zwei je drei Meter lange Kautschukschläuche, welche durch zwei

genau passende Löcher in den Erker geleitet und mittels zweier Eboniteicheln in die Sehvergänge der Versuchsperson geführt wurden: derart, dass die Schallwellen direct und mit Abhaltung aller Nebengeräusche auf das Ohr übertragen werden konnten.

Wenn die im Erker sitzende Versuchsperson durch das Fernrohr auf die rotirende Scheibe blickte, so fiel diese, in Folge der Vergrösserung und Entfernung des Fernrohres fast ganz in das Bereich des gelben Fleckes der Netzhaut.

Der Versuch ging nun so vor sich, dass, während die Versuchsperson im Erkerzimmer sass, eine Scheibe aufgesetzt und in Rotation versetzt wurde; dann nahm man den Verschluss vom Fernrohr weg, liess die Person die Scheibe fixiren und constatirte die gesehene Anzahl concentrischer Kreise; hierauf erfolgte auf die vorhin beschriebene Weise die Tonzuleitung und erfuhr vom Versuchsobjecte, welche Veränderungen im Gesichtsfelde ihm bemerkbar geworden seien.

Die farbigen Sectoren traten an Stelle der Scheiben, wenn es sich um Prüfung des Farbensinnes handelte. Zum Zwecke der Durchführung des dritten Theiles meiner Aufgabe, nämlich der Untersuchung der Einschränkungen des peripheren Gesichtsfeldes unter dem Einfluss gleichzeitiger Toneindrücke, habe ich ein eigenes Perimeter construirt, dessen Beschreibung an anderer Stelle veröffentlicht worden ist.[1])

Resultate.

Ich habe im Ganzen 164 Versuche angestellt, worüber sich im Anhange eine genaue Zusammenstellung vorfindet.

Für die Constatirung der Modification der Sehschärfe verwendete ich Scheiben, die mit verschieden gefärbten Bogenstücken versehen und folgendermassen bezeichnet waren:

Schwarz IV, Gelb III, Gelb II, Roth IV, Grün III.

Das allgemeine Ergebniss meiner Versuche war nun ein überraschend günstiges, denn nur sechs Versuche oder 3,6 % der Gesammtzahl verliefen gänzlich negativ.

1) Zeitschr. f. Instrumentenkunde. Novemberheft 1895.

Die Personenstatistik lieferte folgendes Ergebniss:

Als normal anzusehen waren 74,3 %, als nervös oder belastet 25,7 %, an der »audition colorée« litten 5 %.

Bei 60 % der Gesammtzahl wirkten die Toneindrücke nicht nur auf die Modification der Sehschärfe, sondern auch auf den Farbensinn, bei den übrigen 40 % jedoch nur auf die Sehschärfe.

Da nun sämmtliche Personen auf die Scheibe Schwarz IV äusserst gesetzmässig reagirten, so will ich hier eine detaillirte Zusammenstellung der Ergebnisse mit dieser Scheibe geben.

Protokoll der Scheibe Schwarz IV.

Ich theile die Versuchspersonen in folgende Gruppen: in solche, die ursprünglich und zwar ohne Tonzuleitung

a) gar keinen Kreis,
b) einen Kreis,
c) drei Kreise,
d) vier Kreise,
e) alle fünf Kreise

sahen.[1])

a) Gar keinen Kreis sahen ursprünglich 18 %. Unter der Einwirkung hoher Töne oder Accorde erschien bei sämmtlichen Personen dieser Gruppe der Kreis 2, bei 71,5 % die Kreise 2 und 4, und endlich bei 42,9 % die Kreise 2, 4 und 5.

b) Einen Kreis, und zwar den Kreis 1, sah eine Person, bei einem hohen Ton erschien dazu noch Kreis 2. Den Kreis 2 sahen 10 % der Gesammtzahl sehr schwach; dieser wurde bei allen auffallend deutlicher, bei der Hälfte kam noch Kreis 4 dazu.

c) Drei Kreise sahen ohne Tonzuleitung 25 % der Gesammtzahl, und zwar waren es stets die Kreise 2, 4 und 5, welche gesehen wurden. Der Eindruck wurde bei allen Versuchspersonen unter dem Einfluss hoher Töne oder Accorde viel deutlicher, bei 77 % dieses Gruppe tauchte der Kreis 1 auf, 44 % sahen neben dem Kreis 1 noch den Kreis 3 auftauchen.

1) Die Zählung der Kreise ist von der Peripherie nach dem Centrum zu gedacht.

d) Vier Kreise nahmen 22 % der Gesammtzahl wahr, davon die überwiegend meisten die Kreise 1, 2, 4, 5; bei allen trat Kreis 2 deutlicher hervor, und bei 55 % kam noch Kreis 5 dazu.

e) Fünf Kreise sahen 18 % der Gesammtzahl. Hier wurde eine evidente Erhöhung der Wahrnehmungsschärfe constatirt.

Ich möchte noch eine kurze Zusammenstellung geben, welche einen Einblick in die Gesetzmässigkeit des Verlaufes der Versuche gestatten soll.

1. Bei allen Gruppen war zweifellos eine Erhöhung der Sehschärfe zu constatiren; am deutlichsten geht dies bei derjenigen Gruppe vor sich, welche ursprünglich drei Kreise (2, 4 und 5) sah und bei Tonempfindung noch Kreis 1.

2. Bei allen Gruppen kam Kreis 2 hinzu. Diese Gesetzmässigkeit, sowie auch die übrigen Protokollergebnisse deuten darauf hin, dass das percentuelle Ergebniss des gesetzmässigen Verlaufes am höchsten ist bei normalsichtigen Individuen (60 % der Versuchspersonen) und einerseits gegen die Kurzsichtigen (25 %), sowie andererseits gegen die Weitsichtigen (15 %) sinkt. — Tiefe Töne übten gar keine oder abschwächende Wirkung aus.

Nach Aufhören des Versuches pflegte der Eindruck der erhöhten Sehschärfe in 4 bis 6 Secunden zu verschwinden; liess man aber schon, während der Eindruck noch bestand, den Accord in eine grelle Dissonanz umschlagen, z. B. in hc oder cd, so verschwand der neu hinzugekommene Kreis aus dem Gesichtsfelde sofort oder erschien wie zerrissen.

Nur in einem Falle übte die Dissonanz erhöhende und die Consonanz erniedrigende Wirkung aus.

Seiner Merkwürdigkeit willen und auch, um zu zeigen, wie ich die Protokolle führte, bringe ich den Fall vollständig.

No. 24.	Gesicht: etwas kurzsichtig.
Datum u. Stunde: 6. VIII. 95. 2½ h.	Gehör: normal.
Vor- und Zuname: Hans Hänny.	Musikalisch: ja.
Alter: 19 Jahre.	Bemerkungen: nervös.

Fixirtes Object	Gesichtsfeld	Ton und Tonhöhe	Instrument	Reaction	Bemerkung
Schwarz IV	1, 2, 3, 4, 5	c+e+g+c_1	Orgelpf.	5 verschwind.	Versuch wegen Ermüdung abgebrochen.
do.	1, 2, 3, 4	h+c	do.	5 erscheint	
Gelb III	1, 2, 3, 4, 5 (s)	c+g+c_1	do.	3 verschwind.	

Unterschrift: Hans Hänny.

Ich hatte auch Gelegenheit, die von Lange[1]) bemerkten rhythmischen Schwankungen der Aufmerksamkeit zu beobachten, und kam dabei zu etwas modificirten Resultaten. Wurde nämlich ein Kreis sehr schwach wahrgenommen, so erschien und verschwand er wieder aus dem Gesichtsfelde; sowie jedoch die Tonzuleitung begann, und hiermit der Kreis über die Wahrnehmungsschwelle gehoben wurde, so hörte die Schwankung auf und der Kreis verschwand nicht mehr.

Es scheint also, dass der disparate Eindruck nicht immer, wie Lange meint, die Aufmerksamkeit erniedrigt, sondern unter Umständen auch erhöht. —

Die Versuche über die Modification des Farbensinns führte ich in folgender Weise durch: in den Kreisel wurde weiss und dann noch eine Farbe, z. B. grün in so geringer Menge eingeschaltet, dass man behaupten konnte, wir bewegen uns an der Empfindungsschwelle.

Gab ich z. B. zu einer weissen Scheibe 40—42 Bogengrade grün hinzu, so wurde die Mischfarbe durch das Fernrohr, da ja irgendwelche reinweisse Vergleichsobjecte fehlten, als rein weiss wahrgenommen.

Nach Zuleitung von verschiedenen Tonquellen konnte dann die Veränderung constatirt werden, ohne dass Täuschung oder Suggestion möglich wäre.

Meine Versuche nach dieser Richtung hin sind jedoch nicht zahlreich genug, als dass ich mit Bestimmtheit irgend eine Gesetzmässigkeit behaupten könnte; doch bin ich, nach den bisherigen Erfahrungen, geneigt anzunehmen, dass hohe Töne auf

1) Wundt's Philosophische Studien, cit. aus »Physiologische Psychologie«, Bd. II.

die Empfindlichkeit gegenüber roth, orange, gelb, während tiefe Töne auf diejenige von grün, blau, violett wirken.

Ich will auch hier, des Beispiels halber, ein Protokoll anfügen, welches den Verlauf der Versuche bei einem sehr nervösen Individuum zeigen soll.

No. 16.
Datum u. Stunde: 24. VII. 95, 11¼ Vorm.
Vor- und Zuname: Dr. F. B—y.
Alter: 25 Jahre.
Gesicht: kurzsichtig.
Gehör: normal.
Musikalisch: ja.
Bemerkungen: nervös.

Fixirtes Object	Gesichts-feld	Ton und Tonhöhe	In-strument	Reaction	Bemerkung
Weiss-grün (55°)	Weiss	c + e + g	Orgelpf.	Grünschimm.	Geht zurück
Weiss-purp. (45°)	do.	b	Stimm-gabel und Resonator	Roth-schimmer	do.

Unterschrift: Dr. F. B—y.

Schlussfolgerungen.

Es fällt wirklich nicht leicht, dieses physiologisch unbestreitbare Phänomen erschöpfend zu erklären, ohne mich auch auf die abschüssige Bahn von unbeweisbaren Hypothesen oder nichts sagenden Definitionen zu begeben.

Deswegen wird sich wohl auch Urbantschitsch[1]) in seiner Arbeit jeder Erklärung enthalten haben.

Die absolut nicht ernst zu nehmende Gruber'sche Erklärung[2]) übergehe ich lieber gänzlich.

Ebensowenig kann ich mich mit der Erklärung Exner's[3]) zufrieden geben, wenn er sagt: »Doch wird niemand daran zweifeln, dass ein rechts gesehenes Object eine grössere Aehnlichkeit mit einer auf die rechte Zungenhälfte einwirkenden Tast- oder Geschmacksempfindung hat etc.«

1) Urbantschitsch, a. a. O.

2) Gruber, a. a. O.

3) Exner, Die physiologische Erklärung psychischer Erscheinungen. Wien 1894.

Wundt[1]) sucht das Phänomen dadurch klar zu machen, dass er sagt, zwei disparate Empfindungen, welche den gleichen Gefühlston erzeugen, könnten selbst als verwandt angesehen werden. Auch diese Erklärung ist mehr constatirender, wie analysirender Natur.

Am allerwenigsten kann ich mich Bleuler und Lehmann[2]) anschliessen, welche unser Phänomen in den Begriff der Mitempfindungen hineinzwängen wollen; bis jetzt sind uns ja solche nur innerhalb derselben Qualität bekannt.

Ich bin vielmehr geneigt, den Vorgang, durch welchen Toneindrücke auf Gesichtswahrnehmungen modificirend auf einander wirken, als in der anatomischen Structur des Gehirns liegend anzunehmen.

Wenn ich soeben weiter oben bemerkt habe, man solle sich nicht auf die abschüssige Bahn der Hypothesen begeben, und nun scheinbar selbst da stehe, um den Weg meiner Vorgänger zu wandern, so ist dabei im Auge zu behalten, dass ich ja meine Erklärung nicht in ein Gewand der Behauptung kleide, sondern nur eine plausible Annahme mache, die sich auf feststehende anatomische Thatsachen stützt.

Es kommt mir nur darauf an, zu erforschen, inwiefern der gegenseitige Verlauf des Opticus und Acusticus eine gegenseitige Einwirkung aufeinander möglich machen.

Es zeigt wohl kein Gehirnnerv eine derartige Verästelung, wie der N. cochlearis: die wiederholten Ramificationen bilden ein dichtes Flechtwerk von Achsencylinderverzweigungen.

Die Untersuchungen von Held[3]) haben in den Verlauf der verschiedenen Zweige des N. acusticus eine grosse Klarheit hineingebracht: es trifft danach der Opticus mit dem Cochlearis im vorderen Vierhügel, ferner im hinteren Schenkel der Capsula interna und schliesslich in der Rinde, dem Sammelplatz aller sensorischen Systeme, zusammen.

---

1) Physiologische Psychologie, Bd. 1.

2) a. a. O.

3) His-Braune u. Du Bois-Reymond, Archiv f. Anatomie und Physiologie, 1894.

Anatomisch wäre daher die Annahme nicht unmöglich, dass die »audition colorée«, welche ich für ein corticales Phänomen halte, in den beiden Rindenfeldern zu Stande kommt, umsomehr, als der gyrus temporalis superior und der lobus occipitalis durch einen besonders reichlichen Zug Associationsfasern verbunden sind.

Allerdings entsenden sie aber auch nach anderen Gehirntheilen ebenso reichliche Züge. Ich will also diese Annahme für die Erklärung meines Phänomens nicht benützen, umsoweniger, als es mir bei meinen sämmtlichen 164 Versuchen nicht gelang, irgend eine Licht- oder Farbenempfindung bei geschlossenem Auge hervorzurufen, was ja unbedingt eintreten müsste, wenn die Einwirkung in der Rinde vor sich ginge. Ich bin vielmehr geneigt, die gegenseitige Einwirkung der in Frage kommenden Gehirnnerven aufeinander in den vorderen Vierhügel zu verlegen.

Nach Held[1]) findet nämlich im Mittelhirn eine grosse Zweitheilung der bis hierher im Hirnstamm aufgestiegenen centralen Gehörbahn statt, indem sich die corticale von der in der Vierhügelregion bleibenden Fasermasse trennt.

Zwischen den aus der unteren Schleife in den oberen Vierhügel einstrahlenden Fasern und den ebenfalls hier befindlichen Zellen, deren Achsencylinder sich diesen anschliessen, liegt eine Reihe von Ganglienzellen, welche sich durch besondere Mächtigkeit auszeichnen. Ihre Ramificationen gehen in die Tiefe des Vierhügels, gegen den Aquaeductus Sylvii, hinein. Auf diese Zellen, welche in Beziehung zum Trochlearis, Oculomotorius und Abducens stehen, wirkt nun nicht nur der Hör-, sondern auch der Sehnerv.

Die Untersuchungen von Ramon y Cajal haben nämlich nachgewiesen, dass Opticusfasern im vorderen Vierhügel enden. Diejenigen Opticusfasern nämlich, welche in der Ganglienschicht der Retina entspringen, endigen in den oberflächlichen grauen Lagen des oberen Vierhügels, indem sie sich in eine grosse Anzahl von Endzweigen aufsplittern, welche ihrerseits um Ganglienzellen herumliegen, deren Achsencylinderfortsätze zum Theil in den vorderen Vierhügel gelangen, wo sie mit den Systemzellen,

1) Idem, a. a. O.

die mit den III, IV und VI Gehirnnerven in Verbindung stehen, sowie mit den Acusticusfasern selbst zusammentreffen.

Engelmann und Grijns[1]) fanden aber, dass der Opticus die merkwürdige Eigenschaft besitzt, nicht nur centripetal, sondern auch centrifugal zu leiten.

Und nun kann Folgendes geschehen:

Treffen Schallschwingungen das Ohr, so gelangt ein Theil der Nervenerregung durch den kleineren Zweig des Cochlearis, welcher sich als directe acustische Rindenbahn durch das Mittelhirn zum Grosshirn zieht, in den Schläfenlappen und ruft dort eine Tonempfindung hervor; der andere Theil der Erregung gelangt in den vorderen Vierhügel, wirkt dort reflectorisch auf die centrifugal leitenden Opticusfasern und erregt auf diese Weise die Retina, welche nun ihrerseits für Gesichtswahrnehmungen empfindlicher wird.

Ich wiederhole nochmals, dass diese meine Erklärung durchaus keine Behauptung, sondern bloss eine mir wahrscheinliche Vermuthung sein soll.

Es liegt aber nahe anzunehmen, dass hier noch andere Factoren mitspielen, die unserer Beobachtung nur schwer zugänglich sind. So, z. B., zweifle ich nicht daran, dass Toneindrücke auf diejenige willkürliche Erregung von Fasern von Einfluss sind, welche wir gemeiniglich Aufmerksamkeit zu nennen pflegen.

Aus der Erfahrung wissen wir, dass nichts so sehr geeignet ist, unsere Aufmerksamkeit zu bahnen, wie ein acustisches Signal; und so glaube ich denn, dass man hier einen neuen Angriffspunkt für die Erklärung unseres Phänomens finden könnte. Doch hier gebietet uns die Physiologie Halt, da wir uns in die Gefahr begeben, ihr Gebiet zu verlassen und uns in die Domäne der Psychologie zu verirren.

1) Oenderzoekingen, in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, 1891 S. 217.

Anhang.

Protocoll der Scheibe „Gelb III".

Hier sind folgende Gruppen zu unterscheiden: solche, die ohne Toneindrücke

a) keinen Kreis,

b) drei Kreise

sahen.

a) Gar keinen Kreis sahen ursprünglich 72 % der Gesammtzahl. Unter dem Einfluss hoher Töne oder Accorde erschien bei 81 % dieser Gruppe der Kreis 1, bei 3 % die Kreise 1 und 2, und endlich 16 % sahen die Kreise 1 und 3.

b) Drei Kreise sahen 28 %, und zwar waren es immer die Kreise 1, 2, 3; bei hohen Tönen oder Accorden erschien bei sämmtlichen Personen dieser Gruppe noch Kreis 4; aber auch die schon wahrgenommenen Kreise gewannen an Schärfe und Deutlichkeit.

Bei Dissonanzen (HC oder CD) Herabsetzung der Sehschärfe in der früher besprochenen Weise.

Protocoll der Scheibe „Gelb II".

Hier wurde von allen Versuchspersonen ursprünglich kein Kreis bemerkt; sie sahen einfach eine neutralgraue Scheibe; bei 81 % dieser Gruppe erschien nun noch Kreis 1, während 19 % nicht mit Bestimmtheit anzugeben wussten, ob sie einen Kreis erscheinen sehen.

Protocoll der Scheibe „Roth IV".

Hier kommen folgende Gruppen in Betracht: solche, die ohne Tonzuleitung

a) gar keinen Kreis,

b) drei Kreise

gesehen haben.

a) Gar keinen Kreis sahen ursprünglich 33 % der Gesammtzahl; bei 59 % dieser Gruppe erschienen dazu die Kreise 2, 5, bei 36 % der Kreis 4, bei 10 % endlich alle Kreise, d. h. 1, 2, 3, 4 und 5.

b) Drei Kreise sahen 67 %; es waren immer die Kreise 2, 4 und 5; bei 83 % dieser Gruppe erschienen die Kreise 1 und 3; 17 % sahen nur Kreis 1 dazukommen.

Protocoll der Scheibe „Grün III".

Hier sahen sämmtliche Versuchspersonen, denen diese Scheibe vorgezeigt wurde (63 %), die Kreise 2, 4 und 5, welche viel intensiver hervortraten.

Analysen der Frauenmilch.

Von

Dr. **Söldner.**

Mit einer Einleitung von Dr. Camerer und Schlussbemerkungen von beiden Autoren.

I. Einleitung.

Noch vor kurzer Zeit schien über den mittlern Gehalt der Frauenmilch an Nahrungsstoffen, insbesondere an Eiweiss, eine leidliche Uebereinstimmung unter den Analytikern zu herrschen, der Art, dass dem Physiologen und Kinderarzte eine sichere Grundlage für die ihn interessirenden Fragen gegeben war. So führt König (chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, I. Band, Berlin 1889) an, dass 100 Theile dieser Milch enthalten:

Wasser	Eiweissstoffe	Fett	Milchzucker	Asche
87,4	2,3	3,8	6,2	0,3

Munk und Uffelmann (Ernährung des gesunden und kranken Menschen, Wien 1887) geben folgende Zusammensetzung:

Wasser	Eiweissstoffe	Fett	Zucker	Asche
89,2	2,1	3,4	5,0	0,2

E. Pfeiffer, welcher sich unter den Kinderärzten am eingehendsten mit Analysen der Frauenmilch beschäftigt und deren weit über 100 veröffentlicht hat, fand ungefähr denselben mittlern

Gehalt an Nahrungsstoffen, wie oben angegeben; er erkannte aber auch, gestützt auf seine eigenen Analysen und auf solche von Mendes de Leon, dass der Gehalt der Frauenmilch an Eiweissstoffen sich mit der Zeit der Lactation erheblich ändere, dass nämlich die Milch im 1. Monat durchschnittlich 3 %, im 2. 2%, und allmälig abnehmend im 5. Monat 1,5 % Eiweiss enthalte, von da an sich nicht mehr ändere.[1])

Es erregte desshalb nicht geringes Aufsehen, als O. Heubner auf dem VIII. internationalen Congress für Hygiene zu Pest die Mittheilung machte, dass nach zahlreichen von Professor Hofmann in Leipzig an denselben Frauen während langer Zeit fortgeführten Versuchen die Frauenmilch etwa von der 3. Woche nach der Entbindung an Monate lang eine sehr beständige Zusammensetzung besitze, welche in geringen Grenzen um folgende Werthe schwanke:

Eiweissstoffe	Fett	Zucker	Asche
1,03	4,07	7,03	0,21

Die Versuche von Hofmann scheinen auch jetzt noch nicht veröffentlicht zu sein, der Vortrag Heubner's findet sich in der Berliner klin. Wochenschrift 1894 Nr. 37 und 38.

Heubner hat diese Mittheilung später dahin erweitert (Jahrbuch für Kinderheilkunde 1895 S. 122 und 241), dass ausser Hofmann noch mehrere Forscher einen weit geringern Gehalt an Eiweissstoffen gefunden haben, als man früher annahm, nämlich 1,0% bis höchstens 1,5%. Es ergab sich aus diesen neuen Mittheilungen, dass der Widerspruch zwischen den frühern und jetzigen Angaben an der Versuchsmethode liegt. Die von Heubner Angeführten haben den Stickstoff der Milch bestimmt und durch Multiplikation des gefundenen Werthes mit 6,25 oder einem nahestehenden Factor das Eiweiss berechnet. Diese Stickstoffbestimmungen stammen fast alle aus neuerer Zeit, seit die bequeme Methode von Kjeldahl eingeführt ist, nur wenige sind

1) Siehe »Beiträge zur Physiologie der Muttermilch«. Jahrbuch für Kinderheilkunde 1883 S. 361 ff. und »100 Analysen menschlicher Milch«. Verhandlungen der Gesellschaft für Kinderheilkunde 1895 S. 126.

nach der Methode von Will-Varrentrap ausgeführt; alle sind bisher ziemlich unbeachtet geblieben, und es ist das Verdienst Heubner's, auf die Verschiedenheit der Resultate nach den verschiedenen Methoden der Eiweissbestimmung aufmerksam gemacht zu haben. Zur Beurtheilung dieses Befundes muss auf die Methoden der Eiweissbestimmung bei Milch kurz eingegangen werden. Es gibt deren bekanntlich drei, nämlich zwei indirecte und eine directe gewichtsanalytische.

1. Man ermittelt den Stickstoff und multiplicirt den gefundenen Werth mit einem geeigneten Factor, welcher jedenfalls nicht weit von 6,25 abliegen wird.

Entspricht der benützte Factor dem mittlern Gehalt der Eiweissstoffe an N und sind ausser Eiweiss keine weitern N-haltigen Stoffe in beachtenswerther Menge vorhanden, oder kennt man die Menge N, welche auf solche kommt, so ist die Methode der N-Bestimmung allerdings bei weitem die zuverlässigste und bequemste Methode der Eiweissbestimmung.

2. Fett, Zucker, Asche und Trockensubstanz der Milch können gegenwärtig mit genügender Sicherheit ermittelt werden. Zieht man die Summe der drei ersten von der vierten ab, so erhält man Eiweiss + Extractivsubstanzen. Ist die Menge der letztern so klein, dass sie vernachlässigt werden darf, oder ist sie bekannt, so kann man auch auf diese Weise die Menge der Eiweissstoffe ermitteln. Das so gefundene Eiweiss wird im Folgenden »Resteiweiss« und die Methode »Restmethode« genannt werden. Ist die Menge des »Resteiweiss« wider Erwarten eine andere als die Menge des durch die N-Methode gefundenen, so ist diess ein Beweis, dass unbekannte Extractivstoffe in grösserer Menge vorhanden waren, und dann wird auch die N-Methode unter Umständen unsicher werden, wenn man nämlich nicht weiss, ob ein Theil dieser unbekannten Extractivstoffe N-haltig ist.

3. Am unsichersten sind zweifellos die früher am meisten angewandten gewichtsanalytischen Methoden (mit Eiweissfällung). Da Pfeiffer und seine Nachfolger sich hauptsächlich der Eiweissfällung durch Kupfersulfat nach Ritthausen bedient haben, so kam diese Methode für eine Nachprüfung besonders

in Betracht. Auf die Fehlerquellen derselben wird Söldner, welcher genau nach den Angaben Pfeiffer's gearbeitet hat, besonders eingehen. Der Umstand jedoch, dass sich die Differenz zwischen Pfeiffer und den nach der N-Methode arbeitenden Autoren im Laufe der Lactation erheblich vermindert, weist schon darauf hin, dass es sich hier nicht ausschliesslich um analytische Fehler handeln konnte.

Wenn, nach dem bisher Mitgetheilten, eine neue Untersuchung über Frauenmilch zunächst darauf gerichtet sein musste, alle drei Methoden mit einander zu vergleichen, konnte man sich im weitern Verlauf derselben auf die erste und zweite beschränken, da sich die Methode von Pfeiffer-Ritthausen als zu unsicher erwies. Der unerwartet hohe Gehalt einiger Frauenmilchen an unbekannten Extractivstoffen gab nunmehr Veranlassung, die Menge derselben in den verschiedenen Stadien der Lactation festzustellen, und führte zu mannigfachen Versuchen, dieselben zu isoliren, wozu auch Kuhcolostrum und Milch frischmelkiger Kühe benutzt wurde.

Die Ermittelung des Gehalts an Nahrungsstoffen stösst bei der Frauenmilch nicht nur auf analytische Schwierigkeiten. Schon bei der einzelnen Frau wechselt die Beschaffenheit der Milch erheblich; nach Pfeiffer regelmässig im Laufe der Lactation; unregelmässig unter äussern zufälligen Einflüssen; wahrscheinlich im Laufe der 24 Tagesstunden; endlich ist eben durch Mendes de Leon bekannt, dass bei jeder Mahlzeit des Säuglings die aus der strotzend gefüllten Brust gesaugte Milch viel fettärmer ist, als die aus der fast entleerten Brust entnommene. Bei verschiedenen Frauen ist die Milch zweifellos nicht von gleicher Beschaffenheit, und es mag ein erheblicher Unterschied bestehen zwischen wohl situirten, gut genährten Frauen und den minder gut situirten, welche für unsere Untersuchungen meist zu Gebot stehen. Es ist also die Sammlung geeigneter Milchproben für Gewinnung guter Mittelwerthe nicht minder wichtig, als die Analysen. In zahlreichen Arbeiten aber wird über Gewinnung der Milchproben, Zeit der Lactation gar nichts erwähnt und dadurch ihre Brauchbarkeit sehr beeinträchtigt.

Zu den hier vorliegenden Analysen habe ich immer die ganze, in den zwölf Tagesstunden producirte Milch gesammelt, soweit sie durch Saugen und Streichen irgend zu erhalten war. Es lassen sich jedoch die Brüste, namentlich die straff gefüllten, in der ersten Woche nach der Geburt nicht so vollkommen auf diese Weise entleeren, als es dem Säugling möglich ist. Ich beobachtete häufig, dass ein solcher noch mit mehr oder weniger Erfolg an einer Brust trank, aus welcher ich keine Milch mehr gewinnen konnte. — Es wurden beide Brüste meist Vormittags gegen 9 Uhr, Nachmittags gegen 2 Uhr, Abends gegen 7 Uhr, in andern Fällen auch viermal des Tages, entleert. Das Kind trank nur Nachts, gegen 10 Uhr Abends und 5 Uhr Morgens, in einigen Fällen auch gegen 1 Uhr, an der Brust. Ich sammelte fast immer zwei Tage hintereinander und vermischte die Milch zur Analyse. Sie wurde dadurch conservirt, dass sie auf 100 ccm einen Tropfen einer 25%igen Lösung von Formaldehyd erhielt und sofort nach dem Absaugen auf Eis gestellt wurde. Von dem erhaltenen Milchvorrath trat ich dem Säugling meist etwas ab oder liess ihn an einer der nicht vollkommen entleerten Brüste saugen, wenn ich nichts mehr bekommen konnte [1]) und bemerkte, dass noch Vorrath da war; eventuell erhielt er Beinahrung. Immer aber wurden die Milchproben im Verhältniss der einzelnen Entleerungen gemischt. Die Herkunft der Milch ist im Folgenden näher angegeben (die Nummern nach der Zeit der Sammlung und Analyse und dieselben Nummern wie in Tabelle V u. ff.):

No. 1. Frau R., 35 Jahre alt, dürftig genährte Arbeitersfrau. 7 Kinder leben und sind gesund; jetziges Kind, ein kräftiger Knabe, wurde bis zum 69. Lebenstage ausschliesslich gesäugt, erhält seither Beinahrung. Milchsammlung am 74. u. 75. Tag p. part. im Ganzen 570 ccm, wovon 315 zur Analyse.

No. 2, 3, 6 und 11. Frau H., 28 Jahre alt, besser genährte Arbeitersfrau. Vor zwei Jahren erste Geburt, Zwillinge, welche leben; jetziges Kind,

1) Die künstliche Entleerung der Brüste geschieht schneller und vollkommener, wenn man mit dem Absaugen mehrmals wechselt. Man beginne z. B. mit der rechten Brust und entleere, so lange sie ohne allzu grosse Mühe hergibt, gehe dann zur linken Brust, dann wieder zur rechten. Ich habe schliesslich drei- bis viermal gewechselt und erheblich mehr bekommen als anfangs, ohne oder mit seltenerem Wechsel.

ein zartes Mädchen (Gewicht am 113. Tag 4,95 kg, am 230. Tag 6,59 kg). Milch No. 2 am 8. und 9. Tag p. part. gesammelt aus der schon reichlich fliessenden Brust, im Ganzen 430 ccm, wovon 190 ccm zur Analyse. — No. 3 am 29. und 30. Tag gesammelt im Ganzen 507 ccm, wovon 437 zur Analyse. — No. 6 am 113. und 114. Tag gesammelt 458 ccm, alles zur Analyse. Die Mutter hatte drei Tage vor Sammlung leichte angina. — No. 11 am 228. und 229. Tag gesammelt 353 ccm, alles zur Analyse. Am 229. Tag werden die Brüste übrigens nur noch einmal, Morgens, entleert. Seit acht Tagen hatte die Frau mit dem Entwöhnen begonnen und bekam das Kind dreimal im Tage Beinahrung zur Brust.

No. 9 u. 10 Colostrum. Frau G., 37jährige Beamtensfrau, jetziges Kind das neunte, ein kräftiger Knabe (sieben leben und sind gesund); er sollte wegen früherer Entzündung der Brust beim Stillen nicht gesäugt werden. Als erste Secretion entleerte ich 26 Stunden p. part. 13 ccm einer ziemlich zähen, grüngelben Flüssigkeit (aus beiden Brüsten, von welchem allerdings die früher erkrankte nur wenig lieferte); dieselbe sonderte sofort nach dem Absaugen wachsartige Schollen ab, so dass das Sauggefäss mit destillirtem Wasser gespült werden musste, um Alles zu bekommen. Diese Ausscheidung wurde bei den später abgesaugten Proben allmählich kleiner, aber erst bei der letzten Probe (61 Stunden p. part.) verschwand sie völlig, der ersten, bei welcher das Abgesaugte eigentlich milchähnlich aussah. Im einzelnen erhielt ich:

26	Stunden	p.	p.	13	ccm	Col.	+	35	ccm Wasser
31	»	»	»	18	»	»	+	35	» »
46	»	»	»	44	»	»	+	35	» »
51	»	»	»	55	»	»	+	10	» »
No. 9	1. Portion			130	ccm	Col.	+	115	ccm Wasser
56	Stunden	p.	p.	77	ccm		+	10	ccm Wasser
61	»	»	»	51	»		+	90	» »
No. 10	2. Portion			128	ccm		+	100	ccm Wasser

Die Beifügung der grossen Wassermenge bei der 2. Portion geschah nur, um dieselbe mit der ersten gleichmässiger zu machen; die Beifügung von 10 ccm Wasser bei der Absaugung 56 Stunden p. p. hätte genügt, um alle Schollen zu erhalten.

No. 12 und 13. Mutter eine 32jährige, sehr kräftige Bäckersfrau, erstgebärend, seit einem Jahr verheirathet. Die Geburt war schwer gewesen, ein Dammriss musste genäht und wegen starker Nachblutung die Placenta künstlich entfernt werden. Bei der ersten Sammlung, 5. und 6. Tag p. p., war die Frau zwar fieberfrei und gesund, aber doch noch mitgenommen und nicht recht bei Appetit. Bei der zweiten Sammlung dagegen war sie ganz ausser Bett, ging ihrem Geschäft nach und ass reichlich. Die 24stündige Harnstoffmenge um diese Zeit (im Mittel zweier Tage nach Hüfner) betrug 23,6 g, für eine Frau eine reichliche Menge! Das Kind war ein kräftiger Knabe, Gewicht am 5. Tag p. p. 3,52 kg, am 12. Tag 3,93 kg, am 20. Tag 4,32 kg. — Bei der ersten Sammlung waren die Brüste hart, auf Druck

schmerzhaft, sie konnten von mir nur sehr unvollkommen entleert werden. Das Kind nährte sich nach meiner Entnahme noch reichlich an denselben.

No. 12. Auf viermal am 5. und einmal Morgens am 6. Tage p. p. abgesaugt 226 ccm; Alles zur Analyse. — No. 13 am 20. und 21. Tage p. p. abgesaugt 917 ccm, wovon die Hälfte zur Analyse.

Die weiteren Frauenmilchproben sind von Herrn Dr. Krauss in der Frauenklinik zu Tübingen gesammelt worden, unter möglichster Einhaltung der oben angegebenen Regeln.

No. 4 von Frau E., 32jährig, zweitgebärend, 9. Tag p. p. 365 ccm auf zweimal abgesaugt.

No. 5. Mischmilch von Frau E. am 11. Tag p. p. abgesaugt und von Frau St., 27jährig, zweitgebärend; von letzterer am 4. und 5. Tag p. p.; insgesammt 810 ccm.

No. 7 und 8. Mischmilch von Frau Sch. und B., beide 24jährig, zweitgebärend. No. 7 von Frau Sch. am 9., 10. und 11. Tag p. p. 615 ccm, von Frau B. am 10. und 11. Tag 130 ccm, insgesammt 745 ccm. No. 8 von Frau Sch. und B. je 135 ccm vom 11. Tag p. p. je auf einmal abgesaugt, zusammen 270 ccm.

Die Kuhmilch von einzelnen Kühen durften wir von der landwirthschaftlichen Akademie Hohenheim beziehen; sie kam wenige Stunden nach der Abnahme ins Laboratorium. Die Milchproben stammen, soweit sie nicht Colostrum sind (letzteres immer erste Absonderung) vom Morgenmelken.

Kuh No. I. No. 14 Colostrum im Ganzen 2 l, No. 15 40 Tage p. p., No. 16 89 Tage p. p.

Kuh No. II. No. 17 Colostrum 1,8 l, No. 18 8 Tage p. p., No. 19 48 Tage p. p.

Kuh No. III. No. 20 Colostrum im Ganzen 2,5 l, No. 21 20 Tage p. p.

No. 22 und 23 Stuttgarter Marktmilch.

Um bezüglich der Analysen möglichst grosse Sicherheit zu erreichen, habe ich einen befreundeten Chemiker von Fach als Mitarbeiter gewonnen, Herrn Dr. Söldner, früher vier Jahre Assistent bei Soxhlet, in den letzten Jahren in der bekannten Fabrik von E. Löflund in Stuttgart thätig. Selbstverständlich haben wir uns über den Gang der Untersuchung fortwährend durch mündlichen und schriftlichen Verkehr verständigt und es kann auch insofern diese Arbeit als eine gemeinsame betrachtet werden. Die Analysen aber sind ausschliesslich das Werk Söldner's.

Noch haben wir an dieser Stelle der Liberalität zu gedenken, mit welcher Herr E. Löflund sein Fabriklaboratorium für unsere Untersuchung eingeräumt hat, sowie denjenigen unsern Dank auszusprechen, welche Beschaffung der Milch ermöglicht haben. Vor Allem also den Frauen selbst, ferner Herrn Prof. Dr. Säxinger,

Vorstand, und Herrn Dr. Krauss, Assistent an der Frauenklinik Tübingen, endlich Herrn Director v. Vossler, welcher uns Milch von Hohenheim zu beziehen gestattete. Herr Prof. Dr. Hüfner hat unserer Untersuchung Theilnahme und Rath, Herr Prof. Dr. O. Heubner litterarische Unterstützung angedeihen lassen, wofür wir uns ebenfalls zu Dank verpflichtet fühlen.

II. Die analytischen Methoden.

1. Der Stickstoff der Milch wurde nach Kjeldahl bestimmt mit Abänderung von Ulsch. Zur Ausführung der Bestimmung wurden ca. 10 g Milch mit 25 ccm Schwefelsäure unter Zugabe von 50 mg Kupferoxyd und drei Tropfen einer 4% Platinchlorid enthaltenden Lösung vermischt und bis zur völligen Entfärbung erhitzt.

Um die Anwendbarkeit dieser Methode auf die Milch zu prüfen, machte ich auf den Vorschlag Herrn Prof. Hüfner's an zwei Milchproben Controllbestimmungen, nach der Methode von Dumas, mit folgendem Resultat:

Stickstoff: %.

No. der Milch	Dumas	Kjeldahl	Mittelwerth Dumas	Mittelwerth Kjeldahl
5	0,2296	0,2354	0,2317	0,2354
	0,2339	0,2354		
		0,2354		
6	0,2830	0,2714	0,2857	0,2701
	0,2885	0,2682		

Nach Beendigung der vergleichenden Bestimmungen war mir eine Publication E. Salkowski's[1]) bekannt geworden, nach welcher die Kjeldahl-Methode bei Caseïn zu niedrige Werthe ergeben soll. Nachdem sich die Uebereinstimmung der beiden Methoden für die Milch ergeben hatte, war es noch von Interesse, auch reines Caseïn nach beiden Methoden zu untersuchen. Ein nach Hammarsten selbst dargestelltes Präparat besass die Zusammensetzung:

1) Berliner klin. Wochenschr. 1894 No. 47 S. 1065.

Caseïn . . .	93,793	(aus Differenz)
Fett	0,604	
Asche . . .	0,338	
Wasser . . .	5,265	
	100,000.	

Die Stickstoffbestimmungen ergaben:

	Dumas	Kjeldahl
	14,70%	14,632%
	14,60	14,628
	14,73	
Mittel	14,68%	14,63 %.

Unter der Annahme eines Stickstoffgehaltes von 15,65% für Caseïn, nach Hammarsten, berechnet sich der Stickstoffgehalt für das untersuchte Präparat zu 14,678%.

Durch die Publication J. Munk's [1]) ist zwar die Uebereinstimmung beider Methoden für das Caseïn schon dargethan worden; doch da diese meines Wissens die einzige ist, die gegen die Behauptung E. Salkowski's vorliegt, so glaubte ich den Befund als weiteren Beleg für die Richtigkeit der Untersuchungen Munk's nicht unerwähnt lassen zu sollen.

Munk betont, dass bei Kupferzugabe erst nach längerem Kochen (8—20 Stunden) der volle Stickstoffgehalt gefunden werde, während bei Anwendung von Quecksilber schon einstündiges Kochen genüge. Nach meinen Erfahrungen erhält man nach dreistündigem Kochen bei Milch und 1½ stündigem bei Caseïn, mit Kupferoxyd und Platinchlorid, Stickstoffmengen nach der Kjeldahl-Methode, die völlig mit denen nach Dumas übereinstimmen.

2. Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurden 5—10 g Milch in einem weiten Wägegläschen mit aufgeschliffenem Deckel auf dem Wasserbade unter öfterem Umschwenken abgedampft und im Vacuumtrockenschrank bei 98° C. bis zur Gewichtsconstanz getrocknet.

Bei Anwendung von 5 g Milch tritt diese in etwa der Hälfte der Zeit ein, wie bei 10 g. Zusatz von Seesand oder anderen

1) Verhandl. d. physiol. Gesellsch. zu Berlin 1894—95 No. 13, 14 u. 15.

vertheilenden, grosse Oberfläche gebenden, Mitteln hat auf die Geschwindigkeit der Entwässerung keinen besonders beschleunigenden Einfluss. Beispielsweise sei angeführt, dass das Gewicht von a 5,088 g Milch und b 5,100 g, diese mit 10 g ausgeglühtem Seesand, und beide Proben gleichzeitig im Vacuumtrockenschrank behandelt, in folgender Weise abnahm:

Tabelle I.

Trockenzeit in Stunden	ohne Seesand a	mit Seesand b
4	0,6460	0,6460
6	0,6450	0,6455
9	0,6445	0,6455
13	0,6430	0,6450
16	0,6430	0,6450

Beim Trocknen der mit Seesand eingedampften Milch im Lufttrockenschrank bei 95—100° C. erhält man in nahezu der gleichen Zeit auch Gewichtsconstanz, und sind die Werthe mit denen im Vacuumtrockenschrank erhaltenen gut übereinstimmend, aber um ein Geringes niedriger, wie aus den nachstehenden Daten zu ersehen ist. Die Abweichung beträgt 0,014—0,040 %; ist demnach nicht erheblich.

Tabelle II.

	Vacuum ohne Seesand 98°				Lufttrockenschrank mit Seesand 95—100°			
Bezeichnung der Milch	Milchmenge	Trockenzeit Stunden	Gew. der Trockensubstanz	in %	Milchmenge	Trockenzeit Stunden	Gew. d. Trockensubstanz	in %
Kuhcolostr. No. 20	5,8230	3	0,8820		4,9680	3	0,7530	
		6	0,8810			6	0,7500	
		9	0,8800	15,110		9	0,7500	15,096
Frauenmilch No. 11	5,1180	3	0,6010		5,0830	3	0,6020	
		6	0,5990			6	0,5930	
		9	0,5990	11,684		9	0,5930	11,666
Frauenm. No. 12	5,068	7	0,5935		5,1670	7	0,6030	
		14	0,5935	11,710		14	0,6030	11,670

Während des Trocknens im Lufttrockenschrank, insbesondere bei Verwendung von Seesand, tritt in Folge der vergrösserten

Oberfläche und der Gegenwart heisser Luft eine Veränderung der Trockensubstanz ein, die mit einem Gewichtsverlust verbunden ist, der bei Temperaturen über 100°, wenn bei 100—105° getrocknet wird, eine Constanz im Gewicht nicht erreichen lässt. Es ist das bei Milch eine bekannte Sache. Auch äusserlich schon ist die Veränderung der Trockensubstanz an der zunehmenden dunklen Färbung zu erkennen. Wie sehr das Gewicht der Trockensubstanz bei Temperaturen von 100—105° abnimmt und die Erreichung einer constanten Gewichtszahl unmöglich ist, zeigt folgendes Beispiel:

Tabelle III.

	Vacuum ohne Seesand 98°				Lufttrockenschrank mit Seesand 100—105°			
Bezeichnung der Milch	Milchmenge	Trockenzeit Stunden	Gew. der Trockensubstanz	%	Milchmenge	Trockenzeit Stunden	Gew. der Trockensubstanz	%
No. 8	4,7735	4	0,6297		4,3745	2	0,5675	12,97
		9	0,6215			4	0,5525	
		12	0,6207			10	0,5415	
		15	0,6207	13,00		14	0,5335	
						20	0,5175	11,83

Die einzelnen Bestimmungen der Trockensubstanz im Vacuumtrockenschrank weichen unter einander fast gar nicht ab (siehe Tab. V), was freilich kein absolut sicherer Beweis ist, trotz Gewichtsconstanz, dass alles Wasser entfernt ist; doch sind auf jeden Fall die Analysen untereinander, z. B. der Frühmilch und Spätmilch, vergleichbar.

3. Zur Fettbestimmung bediente ich mich anfänglich der Gipsmethode und der Methode Dietrich's[1]), später der Adam's. Für eine Bestimmung kamen stets ca. 10 g Milch zur Verwendung. Die Uebereinstimmung der ersten und letzten Methode unter der Voraussetzung, dass die zur Aufsaugung der Milch benützten Materialien frei sind von Aether-löslichen Bestandtheilen ist durch vergleichende Untersuchungen festgestellt[2]).

1) Dietrich, Zeitschr. f. angewandte Chemie 1889 S. 413.
2) Soxhlet, Zeitschr. d. landw. Vereins in Bayern, Septemberh. 1888.

Für die Dietrich'sche Methode war die Baumwolle und Papier und für die Gipsmethode auch der Gips zuvor gründlich mit Aether von allem Löslichen befreit worden.

Die Adams'sche Fettbestimmung wurde mit den von Schleicher & Schüll in Düren eigens in den Handel gebrachten Papierstreifen, die der Vorsicht halber zuvor noch zwei Stunden mit Aether im Soxhlet'schen Extractionsapparat behandelt waren, ausgeführt.

Die Milch, in einem Reagensgläschen abgewogen, wurde auf den an einem Ende eingespannten Papierstreifen langsam ausgegossen, vertheilt, das Gläschen abgestreift und zurückgewogen.

Vor der Gipsmethode verdienen die zwei anderen jedoch den Vorzug wegen der grossen Bequemlichkeit und Raschheit der Ausführung; besonders die von Adam's gestattet ein sehr rasches und sicheres Arbeiten.

4. Milchzucker wurde nach Soxhlet in der Weise, wie die Vorschrift für Kuhmilch gegeben ist, gewichtsanalytisch bestimmt.

Die abgewogene Milch wurde in einen 500 ccm Kolben entleert, das Gläschen zurückgewogen und ca. 20 g Frauenmilch mit Wasser auf 400 ccm verdünnt, dann 10 ccm der Kupferlösung, wie sie zu Fehling'scher Lösung dient, zugegeben, mit ¼ N-Natronlauge neutralisirt, dass eben noch schwach saure Reaction vorhanden war, auf die Marke aufgefüllt und nach gründlichem Mengen der Kolbeninhalt filtrirt. Da der Milch Formaldehyd zugesetzt war, so war es nöthig, diesen durch Abdampfen des klaren Filtrats vor der Zuckerbestimmung zu vertreiben. 250 ccm des Filtrats wurden auf dem Wasserbad zur Trockene gebracht, in heissem Wasser gelöst und wieder auf das gleiche Volum aufgefüllt. Ich habe mich überzeugt, dass es auf beschriebene Weise gelingt, den Aldehyd ganz zu vertreiben.

Von einer Milch wurden 50 ccm mit 0,1 ccm 25 % Formaldehyd versetzt, eine gleiche Menge nicht, und dann in den zwei Proben der Milchzucker bestimmt. Von der Aldehyd enthaltenden Milch wurden 100 ccm des Filtrats der Ritthausen'schen Fällung zur Trockne eingedampft und nach Wiederauflösung

in 100 ccm Wasser in gleicher Weise wie in der Probe ohne Aldehyd für die Bestimmung verfahren. Das aus 100 ccm Filtrat der Kupferfällung erhaltene Kupfer wog:

Milch ohne,	Milch mit Formaldehyd
0,2985 g	0,2980 g
0,2980 »	0,2978 »

Für die Zuckerbestimmung nach Soxhlet wurden 100 ccm des Filtrats der Kupferfällung mit 50 ccm Fehling'scher Lösung sechs Minuten gekocht und das durch ein Asbeströhrchen abfiltrirte Cu_2O im Wasserstoffstrom reducirt und als metall. Kupfer gewogen. Die Umrechnung auf Milchzucker geschah nach Tabelle III der Tabellen zur quantitativen Zuckerbestimmung von E. Wein.

5. Die Asche wurde aus ca. 20 g der Milch bestimmt.

6. Für die Ausführung der Eiweiss- und Fettbestimmung nach E. Pfeiffer hielt ich mich genau an die: Analyse der Milch von E. Pfeiffer, Wiesbaden 1887.

Pfeiffer bedient sich zur Trennung von Eiweiss und Fett von den übrigen Milchbestandtheilen der Ritthausen'schen Kupferfällung, und verfährt dabei wie folgt:

10 g Milch werden mit 100 ccm Wasser verdünnt, mit 5 ccm Kupferlösung (103,92 g $CuSO_4 + 5H_2O$ im Liter) und mit verdünnter Natronlauge versetzt. Die Fällung ist vollkommen, wenn alles Eiweiss und Kupfer aus dem Filtrat verschwunden ist, was nur durch jeweiliges Probiren des Filtrates constatirt werden kann. Das Filtrat soll auf Zusatz von mehreren Tropfen Natronlauge nach vollkommener Ausfällung weder Blaufärbung noch Trübung zeigen. Ist die Fällung gelungen, dann wird durch ein zuvor getrocknetes und gewogenes Faltenfilter filtrirt, der Niederschlag mit 80—100 ccm heissem Wasser ausgewaschen und bei 100° getrocknet und gewogen. Mit Aether wird hierauf im Soxhletapparat dem Niederschlage das Fett entzogen, für welche Operation Pfeiffer die Dauer einer Stunde vorschreibt. Nach kurzem Trocknen des entfetteten Niederschlages wird wieder gewogen. Die Differenz zwischen dem Gewicht des nicht entfetteten Niederschlages und dem entfetteten gibt das Fett; das

Gewicht des entfetteten Niederschlages, weniger dem des Filters, das Eiweiss + Kupferoxydhydrat. Das Gewicht des letzteren berechnet sich aus den angewandten 5 ccm Kupferlösung zu 0,2026 g. Der Niederschlag enthält noch Salze der Milch, welche sich nach Pfeiffer (p. 31) niemals ganz auswaschen lassen; »doch kann für die menschliche Milch der Antheil der Salze an dem Eiweissniederschlage vernachlässigt werden, da bei dem geringen Eiweiss- und Salzgehalte dieser Milch die Vermehrung des Niederschlags durch Beimischung von Salzen eine minimale ist«.

Die Berechnung des Eiweisses, wie sie eben nach Pfeiffer geschildert wurde, ist nicht gerechtfertigt. Das Casëin geht nicht eine Verbindung mit Kupferoxydhydrat, sondern entsprechend seiner Eigenschaft, Basen gegenüber als Säure aufzutreten, eine solche mit Kupferoxyd ein. Ferner: Durch den Zusatz von Kupfersulfat zur Milch werden die Phosphate derselben umgesetzt in Kupferphosphat und schwefelsaure Salze.

Die Asche der Frauenmilch enthält nach König[1]) 22,7%, die Kuhmilchasche 26,8% Phosphorsäure. Bei einem Aschengehalt von 0,25% der Frauen- und 0,7% der Kuhmilch enthalten 10 g der ersteren 0,0057 g Phosphorsäure und die letzteren 0,0194 g. Diese Phosphorsäuremengen gehen in den Kupferniederschlag und vermehren sein Gewicht zu Gunsten des Eiweisses. Es lässt sich leicht darthun, dass sich im Filtrat des Eiweiss-Kupferniederschlages selbst bei Kuhmilch nach dem Concentriren auf $^1/_3$ und Ansäuern mit Salpetersäure nur Spuren von Phosphorsäure mit Molybdänlösung nachweisen lassen, während der in Salpetersäure gelöste oder veraschte Kupferniederschlag Phosphorsäure in relativ grosser Menge enthält. Der Eiweiss-Kupferniederschlag enthält also nicht nur Kupferoxydhydrat und Eiweiss, sondern auch Kupferphosphat.

Es entstehen ferner aus 5 ccm der Kupfersulfatlösung und der zugefügten Natronlauge rund 0,3 g Na_2SO_4; ausserdem sind Salze aus der Milchasche vorhanden. Dass die Auswaschung eines Niederschlages von der ungünstigen Beschaffenheit des

1) König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel 1893 Bd. 2 S. 222 u. 227.

Eiweiss-Kupferniederschlages nicht immer gleichmässig gelingt, dass ein Faltenfilter in seinen oberen Randpartien niemals völlig ausgewaschen werden kann, ist ohne Weiteres einleuchtend. Es ist also, wie gesagt, ziemlich willkürlich, das Eiweiss dadurch zu berechnen, dass man 0,2026 g für Kupferoxydhydrat abzieht unter Vernachlässigung aller übrigen Salze.

Ich habe, um über den Aschengehalt des Niederschlages einigen Aufschluss zu bekommen, vier Proben derselben Frauenmilch (Nr. 3) mit der gleichen Kupfersulfat- und Natronmenge nach Pfeiffer gefällt, den Niederschlag gleichartig mit 100 ccm heissem Wasser ausgewaschen, getrocknet, entfettet und verascht.

Die Asche, im Rose'schen Tiegel mit Schwefel im Wasserstoffstrom behandelt, wog:

No. 1	. .	0,1935 g
2	. .	0,1765 »
3	. .	0,1845 »
4	. .	0,1895 »

Dem verwendeten Kupfersulfat sollen 0,1652 g Cu_2S entsprechen. Die Asche des Filters betrug 0,0025 g. Als Asche verbleiben sodann:

No. 1	. .	0,0258
2	. .	0,0080
3	. .	0,0168
4	. .	0,0218

} Mittel = 0,018 g.

Der grosse Unterschied in den einzelnen Bestimmungen beweist eben die Unsicherheit des Auswaschens unter den gegebenen Verhältnissen. Die Milch Nr. 3 enthielt 0,180 % Asche.

Die Methode Ritthausen-Pfeiffer ist schon früher kritisirt worden von Stenberg und Munk[1]). Letzterer bezweifelt, dass man ein Eiweisscoagulum (ausser dem Hydratwasser) vom anhaftenden Wasser bei 100° ganz befreien kann, betont besonders die Schwierigkeit, den erforderlichen Alkalizusatz genau zu treffen, und schlägt vor, das Eiweiss nach der Methode Stutzer's[2]) auszufällen.

1) Munk, Virchow's Archiv f. path. Anat. u. Physiol. u. f. klin. Med. 1893 Bd. 134.

2) Journal f. Landwirthschaft 1881 S. 473.

Wenn nun beim Arbeiten nach Pfeiffer alle Bedingungen für die Eiweissfällung eingehalten werden, so ist die Ausfällung des Kupfers doch nicht vollständig. Ritthausen [1]) selbst gibt an, dass im Filtrat sich minimale Kupfermengen vorfinden, ohne aber einen Beleg in Zahlen zu geben. Pfeiffer sagt in seiner Analyse der Milch p. 29: »Einen ganz geringen bläulichen Schimmer darf die abgehobene Flüssigkeit allerdings zeigen, da ein solcher bläulicher Schimmer durch unwägbare Mengen Kupfer erzeugt wird«.

Die vollständige Ausfällung des Kupfers ist überdies niemals möglich, wenn auch mit der grössten Vorsicht beim Zusatz der Natronlauge verfahren wird, denn im Filtrat finden sich stets wägbare Mengen von Kupfer. So enthielt ein nach Pfeiffer erhaltenes Filtrat der Eiweissfällung (Frauenmilch) noch 0,0045 g, und ein anderes 0,0077 g Kupfer, obwohl das Filtrat die Prüfung mit Natronlauge noch aushielt. Wenn man bedenkt, dass in der Lösung Milchzucker und Citronensäure gegenwärtig sind, die beide die Fällung von Metallhydrooxyden hindern, so ist die Unmöglichkeit der vollständigen Kupferfällung nicht wunderbar.

Die vollständige Befreiung des Niederschlags von Wasser bei 100° lässt sich nicht feststellen, da es einerseits an einer zuverlässigen und sicheren Methode zur Bestimmung des Milcheiweisses fehlt, und es andererseits bei der nicht constanten Zusammensetzung des Niederschlags (Kupferoxyd-Phosphorsäure und Asche) unmöglich ist, diese in Rechnung zu bringen. Temperaturen über 100° sind wegen der Wasserabgabe des Hydrates und der zu erwartenden Zersetzung der organischen Substanz nicht anwendbar. Daher muss diese Frage eine offene bleiben. Immerhin liegt aber auch hier kein Grund vor, warum verschiedene Analysen, z. B. von Frühmilch und Spätmilch, nicht verglichen werden könnten.

Eine andere Fehlerquelle, auf welche auch Heubner [2]) hingewiesen hat, ist ungenügende Entfettung des Niederschlages.

1) Journal f. pract. Chemie N. F. 15 S. 123.
2) Heubner, Jahrb. f. Kinderheilkunde Bd. 12 H. 1.

Ich habe diesem Punkt schon bei der Analyse der erst untersuchten Milch volle Aufmerksamkeit geschenkt, und in der That zeigte sich, dass nach einstündigem Entfetten im Soxhletapparat (welche Zeit Pfeiffer angibt) nicht alles Fett dem Niederschlag entzogen ist. Man erhält erst nach zweistündigem Extrahiren des getrockneten Niederschlages, der eine dichte, derbe Masse darstellt, vollständige Erschöpfung.

In nachstehender Zusammenstellung finden sich die ermittelten Fettgewichtszahlen, wie sie beim Extrahiren durch ein oder zwei Stunden und beim Wechsel des Aethers im Soxhletapparat pro Stunde 15 oder 30mal erhalten worden sind, da auf diesen letzteren Punkt ja auch Rücksicht zu nehmen war.

Tabelle IV.

Milch No. 1				Milch No. 3		
	15 Füllungen des Soxhletapparates pro Stunde			30 Füllungen des Soxhletapparates pro Stunde		
Versuchs-No.	Extractionszeit in Stunden			Versuchs-No.	Extractionszeit i. St.	
	1	1½	2		1	2
			Frauenmilch.			
1	0,2245			1	0,2550	0,2595
2	0,2124			2	0,2480	0,2595
3		0,2347		3	0,2500	0,2600
4		0,2447		4	0,2475	0,2610
5			0,2490			
6			0,2523			
			Kuhmilch A.			
1	0,3310		0,3380			
2				2	0,3370	0,341
3	0,3265		0,3350			
4	0,3260		0,3350			
5				5	0,3205	0,3255
6	0,3340		0,3360			

Die Geschwindigkeit der Entfettung mit Aether ist weniger von der Zahl der Füllungen pro Stunde abhängig, als von der Dauer der Extraction. Es lässt sich die Schwierigkeit der völligen Erschöpfung nur aus der für diesen Zweck sehr ungünstigen Beschaffenheit des Niederschlages erklären, der das Fett offenbar

so eingeschlossen enthält, dass der Aether nur schwer den Zugang zu demselben findet.

Gelegentlich der Anwendung von Pfeiffer's Methode machte ich oft die Beobachtung, dass, wenn die Kupferfällung nicht nach ganz kurzer Zeit abfiltrirt wird, so dass der durch Umrühren an den Becherglaswandungen haftengebliebene Antheil des Niederschlages antrocknet, dieser Theil schwer und nur unter Verlust auf's Filter gebracht werden kann. Es gelingt trotz allem Reiben mit Gummiwischer nicht, die fettige Substanz von der Glaswand wegzunehmen.

III. Die Resultate der Analysen.

Die nun folgenden analytischen Angaben der untersuchten Milchen sind in der Reihenfolge, wie die Milchen zur Untersuchung gelangten, aufgeführt.

Tabelle V.

No. der Milch	Stickstoff Kjeldahl %	Fett [1] %	Milchzucker %	Asche %	Trockensubstanz %	Methode Pfeiffer Eiweiss %	Methode Pfeiffer Fett [2] %
			Frauenmilch.				
1.	0,153	2,55 S	7,31	0,20	10,94	0,92	2,42
	0,153	2,55 S	7,38		11,00	0,92	2,46
	0,153						
2.	0,250	2,75 S	6,72	0,24	12,20	1,97	2,52
	0,243	2,71 S	6,75		12,23	2,08	2,64
		2,75 D				1,97	2,57
		2,81 D				2,00	2,85
3.	0,180	2,66 S	7,29	0,18	11,59	1,55	2,54
	0,180	2,67 S	7,32		11,60	1,49	2,54
			7,32			1,48	2,54
						1,56	2,55
4.	0,235	3,42 D	6,71	0,26	12,67	1,87	3,50
	0,235	3,42 D	6,74		12,66	1,79	3,51
	0,235						
5.	0,271	2,33 D	6,08	0,36	11,08	2,25	2,29
	0,269					2,19	2,30

1) S bedeutet nach Gips-, D nach Dietrich's, A nach Adam's Methode. — 2) Fett nach zweistündiger Extraction.

No. der Milch	Stickstoff Kjeldahl %	Fett[1] %	Milchzucker %	Asche %	Trockensubstanz %	Methode Pfeiffer Eiweiss %	Methode Pfeiffer Fett[2] %
6.	0,151	1,97 D	7,56	0,19	10,72	1,26	1,94
	0,154	1,99 D			10,71	1,34	1,82
7.	0,280	4,10 A	6,64	0,24	12,99		
	0,277	4,10 A	6,60		13,09		
8.	0,272	3,81 A	6,36	0,25	13,00		
	0,285	3,79 A	6,34		13,00		
9. Colostr.[3]	0,499	2,50 A	2,22	0,26	8,47		
	0,506				8,44		
10. Colostr.[3]	0,291	2,24 A	3,13	0,23	8,03		
11.	0,141	3,35 A	7,28	0,18	11,68		
					11,67		
12.	0,327	2,89 A	5,75	0,34	11,71		
					11,67		
13.	0,218	3,49 A	6,67	0,22	12,04		
			Kuhmilch.				
14. Colostr.	1,546	4,95 A	2,15	0,87	18,23		
	1,531	4,92 A	2,19		18,20		
15.	0,488	4,40 A	4,82	0,71	13,16		
16.	0,483		4,82		13,21		
	0,540	3,79 A	4,84	0,74	12,99		
17. Colostr.	1,313	3,55 A	3,50	0,86	16,51		
	1,307	3,51 A	3,50		16,46		
18.	0,486	4,00 A	4,64	0,77	12,64		
					12,67		
19.	0,510	3,89 A	4,67	0,76	12,56		
20. Colostr.	0,962	4,03 A	3,31	0,93	15,11		
					15,10		
21.	0,447	4,10 A	5,00	0,67	12,59		
22.	0,496	2,88 A	4,41	0,69	11,04		
					11,04		
[23.	0,511	3,98 A	4,53	0,72	12,50		
		3,94 A					

1) D bedeutet nach Dietrich's, A nach Adam's Methode. — 2) Fett nach zweistünd. Extraction. — 3) Zahlen direct aus dem verdünnten Colostrum.

Frauenmilch-Colostrum No. 9 betrug 245 ccm, bestand aus 130 ccm wirklich aus der Brust gewonnener Flüssigkeit und 115 ccm Wasser. Das Gewicht der 245 ccm betrug 251,1 g.

Abgeseiht wurden aus dem verdünnten Colostrum vor der Analyse gelbe Schollen, die trocken 0,5973 g wogen und aus 0,5845 g Fett (Aetherlösliches) und 0,0125 g stickstoffhaltiger Substanz bestanden.

Die 251,1 g des verdünnten Colostrums enthielten, aus dem Mittel der Analyse berechnet:

Fett: 4,972 g + 0,5845 g der Schollen	= 5,556 g
Stickstoff + dem der Schollen mit 6,25 berechnet	= 1,2625 »
Milchzucker	= 5,572 »
Asche	= 0,652 »

Da 251,1 g des verdünnten Colostrums 115 g Wasser zur Verdünnung erhalten hatten, so berechnet sich der procentische Gehalt des unverdünnten Colostrums zu:

Stickstoff . . .	= 0,9276 %
Fett	= 4,082 »
Milchzucker . .	= 4,094 »
Asche	= 0,479 »
Trockensubstanz	= 16,039 »

Colostrum No. 10 bestand aus 128 ccm Brustsecret und 100 ccm Wasser. Das Gewicht der 228 ccm betrug 233,7 g. Das Gewicht des unverdünnten Colostrums 133,7 g. Daraus berechnet sich der Gehalt des Letzteren an den einzelnen Bestandtheilen zu:

Stickstoff . . .	= 0,5079 %
Fett	= 3,920 »
Milchzucker . .	= 5,476 »
Asche	= 0,410 »
Trockensubstanz	= 14,120 ».

Wie aus Tabelle V hervorgeht, sind die Bestimmungen zum grossen Theil, bis auf die der Asche, doppelt bis dreifach ausgeführt. Berechnet man aus den Einzelbestimmungen die Mittelwerthe, berücksichtigt ferner auch die eben auf unverdünntes

Colostrum umgerechneten Werthe, und ordnet die Frauenmilchen nach den Lactationszeiten, so erhält man Tabelle VI.

Tabelle VI.

Bezeichnung der Milch	No. der Tab. V	Tage post part.	Stickstoff %	Fett %	Milchzucker %	Asche %	Trock.-Subst. %	Methode Pfeiffer Eiweiss %	Methode Pfeiffer Fett %
Frauenmilch.									
Früh-Colostrum . .	9	26—51 St.	0,928	4,08	4,09	0,48	16,04		
Spät- » . .	10	56—61 »	0,508	3,92	5,48	0,41	14,12		
Frau M., Urach . .	12	5 u. 6 Tag	0,327	2,89	5,75	0,34	11,69		
» H., » . .	2	8 u. 9	0,247	2,75	6,75	0,24	12,21	2,00	2,59
» E., Tübingen	4	9	0,235	3,42	6,73	0,26	12,66	1,83	3,50
» Sch. u. B., Tüb.	7	9 u. 11	0,278	4,10	6,62	0,27	13,04		
» E. u. St., Tüb.	5	4, 5 u. 11	0,270	2,33	6,07	0,36	11,08	2,22	2,29
Sch. u. B., Tüb.	8	11	0,279	3,80	6,35	0,25	13,00		
» M., » . .	13	20 u. 21	0,218	3,49	6,67	0,22	12,04		
» H., » . .	3	29 u. 30	0,180	2,66	7,31	0,18	11,59	1,52	2,54
» R., » . .	1	74	0,153	2,53	7,38	0,20	10,97	0,92	2,44
» H., » . .	6	113	0,152	1,98	7,56	0,19	10,72	1,30	1,88
» H., » . .	11	229	0,141	3,35	7,28	0,18	11,68		
Kuhmilch.									
Kuh I Colostrum	14	—	1,540	4,94	2,17	0,87	18,22		
» I	15	40	0,485	4,40	4,82	0,72	13,19		
» I	16	89	0,540	3,79	4,84	0,74	12,99		
» II Colostrum	17	—	1,312	3,53	3,50	0,86	16,48		
» II	18	8	0,486	4,00	4,64	0,77	12,64		
» II	19	48	0,510	3,89	4,67	0,76	12,56		
» III Colostrum	20	—	0,962	4,03	3,31	0,93	15,10		
» III	21	20	0,447	4,10	5,00	0,67	12,59		
Stuttg. Marktmilch I	22	?	0,496	2,88	4,41	0,69	11,04		
» » II	23	?	0,511	3,96	4,53	0,72	12,50		

Nach der Gerbsäurefällung der Milch mit Almen'scher Gerbsäurelösung unter Zugabe von etwas Chlornatrium findet sich im Filtrat der Fällung noch Stickstoff, den J. Munk[1]) als Extractivstickstoff bezeichnet. Er fand sowohl nach der Kupferfällung, heiss (Modification Stutzer) mit aufgeschlemmtem Kupferoxydhydrat, als auch mit Gerbsäure nach beiden Methoden gleiche Mengen des Extractivstickstoffs in der untersuchten Milch, die

1) Virchow's Archiv für pathol. Anat. u. Physiol. etc. Bd. 134.

aus späterer Lactationsperiode stammte. Der Extractivstickstoff beträgt bei Frauenmilch ca. 9%, bei Kuhmilch ca. 6% des Gesammtstickstoffs. Ausserdem bestimmte Munk den Stickstoffgehalt des aus Milch mit etwa dem vierfachen Volum 90% Alkohols gefällten Eiweisses, den er, auf aschefreie Substanz berechnet, zu 15,75% bei Frauenmilch fand. Diesem Stickstoffgehalt entspricht der Factor 6,34. Für Kuhmilcheiweiss gibt Sebelien 6,37 als Factor.

Zur Berechnung des Eiweisses aus dem Gesammtstickstoffgehalt ist nach Munk für Frauenmilch der Factor $0{,}91 \times 6{,}34$ und für Kuhmilch $0{,}94 \times 6{,}37$ zu nehmen.

Der Extractiv-N im Sinne Munk's beträgt nach meinen Ermittlungen:

	Milch No. 4	No. 5	No. 12	No. 13
Gesammt-N in 100 g Milch . . .	0,235	0,270	0,327	0,218
N im Filtrat der Gerbsäurefällung	0,0136	0,0226	0,042	0,043
Filtrat-N auf 100 g Gesammt-N .	6,0	8,3	12,8	19,5

Der mittlere Gehalt des Gesammt-N an Extractiv-N beträgt demgemäss wie bei Munk ca. 9%, aber mit sehr erheblichen Schwankungen der Einzelbestimmungen. Bei Milch No. 12 und 13 wurde das Filtrat auf die Hälfte concentrirt, bei No. 13 eine Partie mit, die andere ohne Zusatz von Oxalsäure. Beide Partien lieferten gleichviel N nach Kjeldahl. Die Filtrate von No. 12 und No. 13 hat Camerer im Hüfnerapparate auch der Einwirkung der von Hüfner zur Harnstoffbestimmung angegebenen Lauge ausgesetzt. Er erhielt für Milch No. 12 10,5 mg N, für Milch No. 13 aber 15 mg N bei viertelstündiger Einwirkung der Lauge, das doppelte Quantum N, wenn er die Lauge ¼ Stunde auf die betreffende Milch selbst einwirken liess; alles auf 100 Milch berechnet. Die Gasentwicklung war bei den Filtraten schon nach 10 Minuten ganz zu Ende, ebenso bei der Milch No. 13; bei der Milch No. 12 war sie nach 15 Minuten noch nicht beendigt.

Ich habe demnach bei Frauenmilch die Eiweissstoffe aus dem ermittelten N berechnet, indem ich bei Milch No. 4, 5, 12,

13 den von mir direct gefundenen N des Gerbsäurefiltrats, in den übrigen Fällen den Munk'schen Mittelwerth, 9% vom Gesammt-N, in Abzug brachte und den Rest mit 6,34 multiplicirte.

Im Kuhmilchcolostrum betrug der Extractiv-N, nach verschiedenen Methoden ermittelt:

Gesammt-N in 100 Colostr. . .	1,539	
N im Filtrat nach Ritthausen .	0,061 = 3,9%	des Gesammt-N
» » » der Gerbsäurefällung	0,057 = 3,7%	» »
» » » d. Kupferoxydfällung heiss nach Munk	0,061 = 3,9%	» »
» » » der Alkoholfällung .	0,045 = 2,9%	» »

(1 Th. Colostr. + 4 Th. Alkohol 96%).

Im Kuhcolostrum würde demnach bei 4% des Extractiv-N der Factor 0,96 anstatt 0,94 (nach Munk) werden, eine so geringe Differenz, dass sie wohl vernachlässigt werden kann.

Ueber die N-haltigen Substanzen, welche den Extractiv-N liefern, siehe Schlussbemerkungen.

Zur Bestimmung des Resteiweisses ist noch auf die Citronensäure der Milch Rücksicht zu nehmen. Bei Frauenmilch beträgt deren Menge nach Scheibe[1]) 0,054—0,057 in 100 Milch, im Mittel 0,055%, für Kuhmilch 0,17—0,20%, im Mittel 0,18%. Ich habe also zur Summe von Fett, Milchzucker und Asche bei Frauenmilch den constanten Werth 0,05, bei Kuhmilch 0,18 für Citronensäure addirt. Die Asche der Kuhmilch enthält nach Scheibe[2]) rund 2% Kohlensäure. Auf 0,75 g Asche von 100 Kuhmilch kommt somit 0,015 Kohlensäure, und diese Menge kann unbedenklich ausser Rechnung bleiben, selbst wenn dieselbe ausschliesslich aus der Citronensäure stammen würde.

Ich habe in folgender Tabelle die Eiweissstoffe also, wie bemerkt, nach den Grundsätzen Munk's, zum Vergleich damit aber auch mit dem gewöhnlichen Eiweissfactor 6,25, ohne Rücksicht auf Extractiv-N zu nehmen, berechnet.

1) Landw. Versuchsstationen Bd. 39 S. 162 u. 165.

2) König, Chemie der Nahrungs- und Genussmittel 1893 Bd. 2 S. 284.

Tabelle VII.

Bezeichnung der Milch	No. der Milch	Zeit post part.	Eiweisswerthe nach N×6,25	Eiweisswerthe nach Munk	Rest-Eiw. + unbek. Extract.-Substanz.	Unbekannte Extrct.-Subst.	Eiweiss nach Pfeiffer-Ritth.
Frauenmilch.							
Früh-Colostrum . .	9	26—51 St.	5,80	5,35	7,34	1,99	
Spät- »	10	56—61 »	3,17	2,90	4,26	1,33	
Frau M., Urach . .	12	5 u. 6 Tag	2,04	1,81	2,66	0,85	
» H., » . . .	2	8 u. 9	1,54	1,42	2,42	1,00	2,00
» E., Tübingen	4	9	1,47	1,40	2,20	0,80	1,83
» Sch. u. B., Tüb.	7	9 u. 11	1,74	1,61	2,03	0,42	
» E. u. St., » .	5	4, 5 u. 11	1,69	1,56	2,27	0,71	2,22
» Sch. u. B., Tüb.	8	11	1,74	1,61	2,55	0,94	
» M., » . .	13	20 u. 21	1,36	1,11	1,61	0,50	
» H., » . .	3	29 u. 30	1,13	1,04	1,39	0,35	1,52
» R., » . .	1	74	0,95	0,88	0,86	— 0,02	0,92
» H., » . .	6	113	0,95	0,88	0,94	0,06	1,30
» H., » . .	11	229	0,88	0,81	0,82	0,01	
Kuhmilch.							
Kuh I Colostrum	14	—	9,62	9,21	10,06	0,85	
» I	15	40	3,03	2,95	3,07	0,12	
» I	16	89	3,37	3,23	3,43	0,20	
» II Colostrum	17	—	8,20	7,82	8,41	0,59	
» II	18	8	3,04	2,91	3,15	0,24	
» II	19	48	3,19	3,05	3,05	0	
» III Colostrum	20	—	5,97	5,75	6,65	0,90	
» III	21	20	2,80	2,67	2,64	—0,03	
Stuttg. Marktmilch I	22	?	3,10	2,97	2,87	—0,1	
» » II	23	?	3,19	3,05	3,09	0,04	

IV. Schlussbemerkungen.

1. Auch unsere Untersuchung hat ergeben, dass die Frauenmilch erheblich weniger Eiweiss respective Stickstoff enthält, als man früher angenommen hat. Für Frühmilch, etwa Mitte der zweiten Woche nach der Geburt, ist unser Material jetzt schon gross genug, um brauchbare Mittelwerthe zu berechnen. 100 g Milch um diese Zeit enthalten danach:

Eiweissstoffe nach Munk berechnet	Fett	Zucker	Asche	Citronensäure	Unbekannte Extr.-Stoffe	Gesammte Trock.-Subst.
1,52	3,28	6,50	0,27	0,05	0,78	12,40

Der Mittelwerth ist berechnet aus No. 2, 4, 7, 5 und 8. Milch No. 12 blieb weg, weil sie noch zwischen Colostrum und vollkommen ausgebildeter Milch zu stehen schien (siehe Einleitung). Die individuellen Schwankungen sind bei Eiweiss und Zucker sehr mässig, sie betragen nämlich nur —14% und +7% (Eiweiss) und —7% und +4% (Zucker), die jeweilige Substanz = 100 gesetzt. Etwas grösser sind sie bei Fett — dessen Menge bekanntlich von der mehr oder weniger vollkommenen Entleerung der Brüste abhängt, und damit proportional gehend bei gesammter Trockensubstanz; gross sind sie auch bei Asche, deren absolute Menge freilich sehr klein ist. Für Spätmilch, etwa von der 10. Woche nach der Geburt an, und für Mittelmilch, 3.—10. Woche nach der Geburt, sind unsere Versuche zur Bildung brauchbarer Mittelwerthe zu spärlich. Wir hoffen, im Laufe nicht allzu langer Zeit ein genügendes Material zusammenzubringen. Man hat aber jetzt schon den Eindruck, dass der N-Gehalt der Milch mit der Dauer der Lactation in der That allmählig abnehme.

2. Es hat sich ergeben, dass für Frühmilch und Mittelmilch die Eiweissbestimmung nach der Restmethode unmöglich ist, weil die Menge unbekannter Extractivsubstanzen um diese Zeit sehr gross ist. Sie beträgt auf 100 Colostrum erste Portion 1,99 g, zweite Portion 1,33 g, auf 100 Milch No. 12 0,85 g, bei mittlerer Frühmilch 0,78 %, bei Milch in der dritten und vierten Woche 0,42% und verschwindet bei der Spätmilch bis auf 0,02 %. In der eigentlichen Kuhmilch sind solche Substanzen nicht oder nur sehr spärlich vorhanden. Im Colostrum allerdings fanden sich im Mittel 0,78%; bei den Kühen II und III sind sie kurze Zeit nach der Geburt verschwunden, und nur bei Kuh I findet sich auch in späterer Zeit eine Andeutung davon.

Früher, wenn bei Milchanalysen die Summe der Einzelbestandtheile und Trockensubstanz nicht stimmen wollte, hatte man den oft nur zu gut begründeten Verdacht, dass alle oder einzelne Bestimmungen unrichtig seien. Man war namentlich geneigt, die Trockenbestimmung für sehr unzuverlässig zu halten. Der Umstand, dass bei unsern Versuchen sowohl bei Spätmilch als bei Kuhmilch die Summe der Einzelbestandtheile mit der

Trockensubstanz ganz befriedigend stimmt, beseitigt diesen Verdacht auch für die Frühmilch und Milch der mittleren Zeit, und sichert die Annahme unbekannter »Extractivsubstanzen«.

Zieht man in Betracht, dass ein Säugling im Durchschnitt in der Mitte der zweiten Woche 450 ccm, in der Mitte der vierten Woche 580 ccm Frauenmilch in 24 Stunden genieſst, d. h. 3,5 g und 2,5 g dieser unbekannten Stoffe (fast die Hälfte seines täglichen Eiweissconsums), und dass diese Stoffe dem Kuhmilchkind fehlen, so wird man die Bedeutung unseres Befundes würdigen. Leider ist es trotz aller Bemühungen bisher nicht gelungen, diese Stoffe zu isoliren, jedoch wird Söldner dies Ziel unverrückt weiter verfolgen.

Nach Tabelle VII ist möglich, dass ein Theil dieser Stoffe durch das Verfahren von Ritthausen-Pfeiffer gefällt wird und zu den hohen Eiweisswerthen beiträgt; da aber die Zusammensetzung des Kupfer-Eiweissniederschlags so ungenügend bekannt ist, kann man solches nicht mit Sicherheit behaupten.

Eine ältere Untersuchung hätte allerdings dazu führen können, die grosse Menge Extractivstoffe bei der Frauenmilch besser zu würdigen, als bisher geschah, wir meinen die von Mendes de Leon und Forster angestellte. Dieselbe war in der Absicht unternommen, die Aenderungen der Milchbestandtheile zu studiren, welche sich ergeben, wenn man aus der stark gefüllten, weniger gefüllten oder fast leeren Brust saugt, und welche schon beim blossen Anblick der Milch während der Sammlung so sehr in's Auge fallen. Die Drüse wurde desshalb in der Art abgesaugt, dass drei möglichst gleich grosse Portionen isolirt gesammelt werden konnten. Wir geben die wichtigsten Resultate dieser interessanten Arbeit mit dem Bemerken, dass die N-Bestimmungen nach Will-Varrentrap von Forster, also tadellos gemacht sind. Trockensubstanz, Asche, Fett und Zucker sind von Mendes de Leon bestimmt, und sind die beiden letztern nach der Beschreibung der Methoden schwerlich ganz richtig erhalten worden.

Wir berechnen das Eiweiss nach der Vorschrift Munk's und berücksichtigen wie bisher die Citronensäure; daher folgende Tabelle:

Tabelle VIII.

Tag der Milchsammlung	Abgesaugte Mengen	100 g Milch enthalten							
		N	Eiweiss nach Munk	1. Fett	2. Zucker	3. Asche	Trock.-Substz.	Summe v. 1+2+3 + 0,05 Citronensäure	Eiweisskörper + unbekannte Ext.-Stoff.
17. Tag p. part.	1. Port. 33,1 g	0,18	1,04	1,71	5,50	0,46	9,76	7,72	2,04
	2. » 33,3 »	0,15	0,87	2,77	5,70	0,32	10,32	8,84	1,48
	3. » 57,3 »	0,13	0,75	4,51	5,07	0,28	12,50	9,91	2,59
67. Tag	1. Port. 48,3 g	0 14	0,80	1,94	6,82	0,22	10,08	9,03	1,05
	2. » 30,3 »	0,14	0,80	3,07	6,92	0,23	11,14	10,27	0,87
	3. » 40,1 »	0,17	0,98	4,58	5,87	0,21	13,29	10,71	2,58
93. Tag	1. Port. 39,6 g	0,17	0,98	1,23	5,97	0,16	9,09	7,41	1,68
	2. » 37,9 »	0,14	0,80	2,50	6,03	0,24	10,26	8,82	1,44
	3. » 41,9 »	0,14	0,80	4,61	6,43	0,24	12,48	11,33	1,15
118. Tag	1. Port. 30,0 g	0,17	0,98	2,54	5,17	0,23	10,04	7,99	2,05
	2. » 22,5 »	0,16	0,92	3,98	5,17	0,25	12,31	9,45	2,86
	3. » 31,8 »	0,17	0,98	7,20	5,17	0,25	13,35	12,67	0,68
	Ges.-Menge								
17. Tag	124 g	0,15	0,87	3,00	5,42	0,35	10,86	8,82	2,04
67. Tag	119 »	0,15	0,87	3,20	6,54	0,33	11,50	10,12	1,38
93. Tag	119 »	0,15	0,87	2,78	6,14	0,21	10,61	9,18	1,43
118. Tag	84 »	0,17	0,98	4,57	5,17	0,24	11,90	10,03	1,87

Die Menge der unbekannten Extractivsubstanzen beträgt demnach (auf 100 Milch):

17. Tag			67. Tag			93. Tag			118. Tag		
1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Portion			Portion			Portion			Portion		
1,00	0,61	1,84	0,25	0,07	1,60	0,70	0,64	0,35	1,07	1,92	— 0,30
Mittel											
1,17			0,51			0,56			0,89		

Pfeiffer hat, neben dem Irrthum, in welchen er die Lehre von der Muttermilch durch Anwendung einer ungeeigneten Methode der Eiweissbestimmung gebracht hat, weiteres Missverständniss dadurch erregt, dass er in seinen »Beiträgen zur Physiologie der Muttermilch« (l. c.) diejenige Zahl in der Rubrik »Gesammteiweiss« bringt, welche Mendes de Leon als »Eiweiss und Extractivstoffe« bezeichnet. Die Originalarbeiten von

Mendes de Leon[1]) und Forster[2]), welche schwer zu beschaffen sind, scheinen Pfeiffer nicht vorgelegen zu haben, sonst wäre sein Irrthum nicht erklärlich. Weder M. d. L. noch Forster aber verlieren über die grossen Mengen von Extractivsubstanzen auch nur ein Wort, obwohl solche bei manchen Milchen mehr als das Doppelte der Eiweisssubstanzen betragen haben. Vielleicht brachten sie diesem Befunde selbst kein grosses Vertrauen entgegen. Wir jedenfalls müssen die Zuverlässigkeit der ermittelten Werthe (für Extractivsubstanzen) nach unsern Resultaten bezweifeln.

3. Dass von den im Blut befindlichen, N-haltigen Abfallstoffen kleine Mengen auch in die Milch übergehen, ist eigentlich selbstverständlich. In Kuhmilch ist Harnstoff, Hypoxanthin, Kreatinin, Sulfocyansäure, Lecithin nachgewiesen worden. Letzteres, in Aether löslich, ist in unserem »Fett« enthalten — Söldner konnte Spuren von Phosphor in demselben nachweisen —, kommt also für Berechnung der unbekannten Extractivstoffe nicht in Betracht. Da im Blut, wie im Urin, bei weitem der meiste N der Abfallstoffe in Harnstoff (und Ammoniak) enthalten ist, wird dies in der Milch auch so sein. Beide Stoffe gehen in das Filtrat des Gerbsäureniederschlags ein — wir haben uns bei Harnstoff durch einen eigenen Versuch mit künstlicher Harnstofflösung davon überzeugt — und so gehört ein Theil des Extractiv-N (im Sinne Munk's) jedenfalls diesen Stoffen an. Einen gewissen Aufschluss über die Grösse dieses Antheils haben wir bei Milch No. 12 und 13 durch den Hüfnerversuch erhalten. Danach lieferten 100 g Milch der kärglich genährten Frau 10 mg N, die der gut ernährten Frau 15 mg N aus diesen Stoffen.[3])

Dass der Gehalt des Blutes an denselben und damit wahrscheinlich auch der Gehalt der Milch von der Eiweisszufuhr

1) Mendes de Leon, Ueber die Zusammensetzung der Muttermilch Zeitschr. f. Biol. 1881, Bd. 17 S. 501.

2) Forster, Berichte der deutsch-chem. Ges. 1881, S. 591—593.

3) Da auch andere N-haltige Substanzen mit der Bromlauge N liefern, wenn auch in geringerer Menge und meist erst nach langer Einwirkung, sind die erhaltenen Werthe für Harnstoff und Ammon eher etwas zu gross als zu klein.

abhängt, ist bekannt. Für diesen Theil des Extractiv-N sollte eigentlich, wenn es sich um 24stündige Werthe für Milch handelt, eine Constante in Rechnung gebracht werden, am besten natürlich ein individuelles Tagesmittel. — Bei Milch No. 12 sind 32 mg, bei Milch No. 13 sind 28 mg durch den Hüfnerversuch nicht entbunden worden (aus dem Gerbsäurefiltrat nämlich, welches von 100 g Milch erhalten wurde). 0,85% und 0,50% beträgt bei den betreffenden Milchen die Menge der unbekannten Extractivstoffe, welche sich nur sehr wenig vermindert, wenn man Harnstoff und sonstige N-haltige Abfallstoffe davon in Abzug bringt, da alle diese Stoffe hohen N-Gehalt haben. Man wird also in runder Zahl annehmen können, dass 0,80 und 0,45 g unbekannter Extractivstoffe 32 mg und 28 mg N enthalten haben. Der N dieser Stoffe, welche wohl von der Drüse selbst erzeugt werden, mag immerhin mit dem Gesammt-N der Milch steigen und fallen, und es kann so erklärt werden, dass der gesammte N der Extractivstoffe ungefähr 9% des Gesammt-N beträgt, obwohl ein Theil derselben von annähernd constanter Grösse ist. Ob unter den mit Gerbsäure gefällten Substanzen ausser den Eiweissstoffen bei Frühmilch nicht auch N-haltige unbekannte Extractivsubstanzen sich finden, ist allerdings vorläufig nicht zu entscheiden. Jedenfalls dürfte es sich um so kleine Mengen N handeln, dass der Art von Munk, das Eiweiss aus N zu berechnen, dadurch kein Eintrag geschieht.

Ein Apparat für colorimetrische Messungen, insbesondere für quantitative Hämoglobinbestimmungen.

Von

Dr. med. **Wilhelm Zangemeister.**

(Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg.)

Der hier beschriebene Apparat wurde construirt zwecks Untersuchung von Blut auf seinen Hämoglobingehalt. Es lassen sich aber mit ihm auch andere colorimetrische Bestimmungen ausführen.

Der Apparat besteht aus zwei gleichen Röhren, welche am einen Ende offen, am anderen durch aufgeschmolzene Glasplättchen geschlossen sind; unmittelbar hinter dem verschlossenen Ende ist jeder Röhre ein mit dieser communicirendes, trichterartiges Gefäss aufgesetzt. In jeder Röhre läuft spritzenartig verschliessend eine zweite Röhre, welche ihrerseits ebenfalls am einen Ende offen, am anderen geschlossen ist. Der Apparat hat dann schematisirt ungefähr folgendes Aussehen: (Siehe Figur 1 auf Seite 73).

In den Trichter *A* kommt die zu untersuchende Flüssigkeit, in den Trichter *B* diejenige von bekannter Concentration, die »Normallösung« o. u. Jedes der beiden Röhrensysteme ist also ähnlich gebaut, wie ein Hermann'sches Hämoskop.

Sind äussere und innere Röhren vollständig ineinander geschoben, so ist alle Flüssigkeit in den Trichtern; werden die inneren Röhren ausgezogen, so wird die Flüssigkeit aus den Trichtern in die äusseren Röhren gesogen.

Blickt man von Q aus durch beide Röhrensysteme nach A und B hin, so wird, falls man beide Trichter mit der gleichen Farbstoffverdünnung gefüllt hat, das Gesichtsfeld in derjenigen Röhre dunkler erscheinen, in der die Flüssigkeitsschicht am dicksten ist.

Füllt man die Trichter mit verschieden concentrirten Lösungen desselben Farbstoffes und zieht nun beide Röhrensysteme gleichweit aus, so ist das Gesichtsfeld in derjenigen Röhre dunkler, in der sich die concentrirtere Flüssigkeit befindet; verkürzt man allmählich die Flüssigkeitssäule in dieser Röhre, indem man die innere und äussere Röhre ineinander schiebt, so wird ein Punkt erreicht werden, an dem das Gesichtsfeld in diesem Röhrenpaare dem im anderen völlig an Helligkeit gleicht. Es verhalten sich dann die Concen-

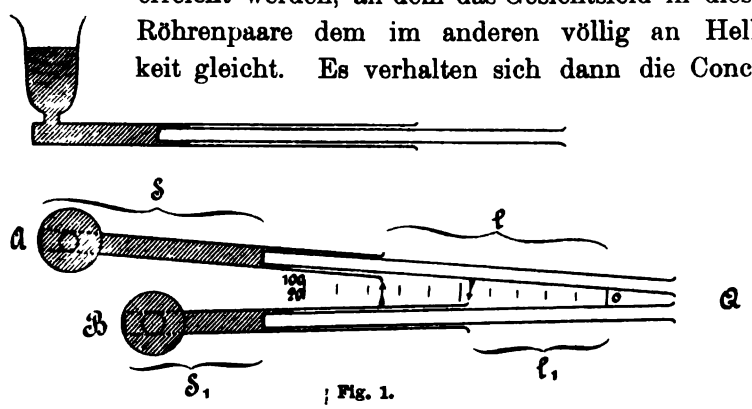


Fig. 1.

trationen (C, C_1) beider Farbstofflösungen umgekehrt wie die Schichtdicken (S, S_1) der Flüssigkeiten resp. die Längen (l, l_1), um welche die Röhren ausgezogen wurden:

$$\frac{C}{C_1} = \frac{S_1}{S} = \frac{l_1}{l}.$$

Man kann daher, wenn man den Farbstoffgehalt im einen Trichter kennt und die »Auszugslängen« auf einer Skala an den Röhren abliest, den Farbstoffgehalt im anderen Trichter berechnen:

$$C = C_1 \cdot \frac{l_1}{l}.$$

Behufs bequemerer Handhabung ist obiges Schema des Apparates in einigen Punkten verändert.

Die Röhrensysteme sind auf einem Laufbrett angebracht, welches unten einen abschraubbaren Handgriff besitzt.

Damit die bei der Vergleichung zu durchsehenden Röhren immer in gleicher Entfernung vom Auge bleiben, sind die inneren Röhren fixirt, und die äusseren Röhren werden auf den inneren hin und her geschoben.

Die äusseren Röhren laufen in Gabeln und erreichen, wenn sie weit ausgezogen werden, je einen Ausschnitt am vorderen Ende des Laufbrettes als Stützpunkt.

Um ein Beschädigen der geschlossenen Röhrenenden zu vermeiden, ist ein Anschlag derart angebracht, dass die Röhren nicht vollständig ineinandergeschoben werden können; in Folge dessen bleibt noch ein kleiner Flüssigkeitsrest in den äusseren Röhren, d. h. der Nullpunkt wird nicht ganz erreicht. Die Theilung liegt zwischen beiden Röhrensystemen und geht von 0—100, resp. 0—20 (siehe unten). Als Zeiger für die Theilung dienen die offenen (ausgebogenen) Enden der äusseren Röhren (in der Zeichnung mit Pfeilen versehen).

Die Theilung lässt sich in der Längsaxe ein wenig verschieben, um sie genau nach dem Nullpunkt (d. i. der Punkt, an dem sich die geschlossenen Enden der äusseren und inneren berühren würden) einstellen zu können.

Die äusseren Röhren sind aus schwarzem Glas, um einen seitlichen Lichteinfall zu vermeiden. Die inneren Röhren sind aus farblosem Glas und innen berusst. Auf diese Weise erscheint die Röhre auch bei ganz schwacher Berussung in der Durchsicht gleichmässig matt geschwärzt; seitlich einfallendes Licht ist unschädlich, weil es nicht an's Auge gelangen kann.

Der Verschluss der inneren gegen die äusseren Röhren geschieht durch ein kurzes Stückchen Gummischlauch, welches durch Seide am Glase befestigt ist, um ein Umrollen der Schlauchenden beim Verschieben der Röhren zu vermeiden; ausserdem berührt der Gummischlauch die äussere Röhre nur ringförmig, indem seine Mitte durch untergelegte Seide erhaben ist (siehe Figur 2).[1])

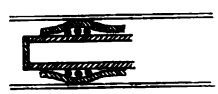


Fig. 2.

1) Diese Verschlussart muss allen anderen vorgezogen werden, weil sie bei wasserdichtem Abschluss einen glatten Lauf der Röhre gestattet, leicht

Vor dem Gebrauch ist der Gummi mit einer Spur Seife oder Oel zu betupfen, um einen glatten Lauf der Röhren zu bewirken. Nach dem Gebrauch sind die äusseren Röhren herauszuziehen und dabei aus den Gabeln zu heben. Der Gummiverschluss ist zur Erhaltung des exacten Abschlusses abzutrocknen. Zwecks Erneuerung des Gummis lassen sich die inneren Röhren aus ihrer aufklappbaren Befestigung leicht herausnehmen.[1])

Die zu untersuchenden Flüssigkeiten müssen völlig klar sein; daher müssen Trichter, Röhren und Gummi stets rein gehalten werden.

Bei der Beobachtung hält man den Apparat nach einem hellen Gegenstand (Wolken, Haus etc.) hin; der Helligkeitsvergleich geschieht am besten mit auf die farbigen Felder nicht vollständig accommodirtem Auge.

Der Apparat lässt sich verwenden für alle Untersuchungen, in denen man aus dem Farbstoffgehalt auf die Concentration einer Flüssigkeit direct schliessen kann, vorausgesetzt, dass sich eine haltbare Vergleichsflüssigkeit herstellen lässt.

Diese letztere muss so verdünnt sein, dass man durch eine Schicht von ca. 20 cm noch gut hindurchsehen kann. Daher wird man sich die zu untersuchende Flüssigkeit für gewöhnlich auch stark verdünnen müssen und sich den Grad der Verdünnung genau notiren.

Um die zu untersuchende Flüssigkeit (z. B. Blut) und die Stammlösung gleichmässig zu verdünnen, kann man sich einer kleinen Capillarröhre bedienen, wie sie beim v. Fleischl'schen Hämometer im Gebrauch ist. Grosse Differenzen im Farbstoffgehalt (1 : 20) der beiden Flüssigkeiten machen das Resultat ungenau; daher muss man die unbekannte und die Stammlösung ungefähr gleich weit verdünnen und dann im Apparat das Verhältniss beider zu einander **genau** bestimmen.

---

zu erneuern ist, Farbstoffe weder annimmt noch abgibt und die Flüssigkeiten nicht trübt.

1) Das Ein- und Ausschieben wird eventuell dadurch erleichtert, dass man gleichzeitig die äusseren Röhren etwas um ihre Längsaxe dreht, indem man den Trichter seitlich hin und her bewegt.

Ist die Stammlösung nicht concentrirt genug, um sie ebensoweit zu verdünnen wie die zu untersuchende Flüssigkeit (z. B. bei der unten angegebenen Blutuntersuchung), so nimmt man von der Stammlösung mehr Capillaren als von der zu untersuchenden Lösung und verrechnet dies.

Versuche mit dem Apparat.

Um bei Hämoglobinbestimmungen durch Ermittlung des Eisengehalts der Blutasche einen einfachen Weg zu haben, wurden Versuche über colorimetrische Eisenbestimmung gemacht. Mittelst Rhodaneisens[1]) erwies sich dieselbe als unausführbar.

Zunächst verändert die rothe Lösung die Intensität ihrer Färbung schon bei geringer Aenderung der Alkalescenz. Ausserdem aber nimmt die Intensität der Farbe beim Verdünnen unverhältnissmässig stark ab, wie dies schon Krüss und Moraht (Ber. d. deutsch-chem. Gesellsch. Bd. 22 S. 2054) nachgewiesen haben. Dies lässt sich leicht mittelst des Apparates erkennen. Füllt man die Trichter mit Rhodaneisenlösungen verschiedener Concentration, und stellt man in beiden Röhren gleiche Intensität der Farben her, so sieht man, dass die Schichtdicken resp. die Auszugslängen nicht den Verdünnungsgraden entsprechen; vielmehr musste die verdünntere Lösung auf eine viel längere Flüssigkeitssäule ausgezogen werden, als man nach dem Verdünnungsgrade erwarten sollte.

Günstiger sind die Resultate einer Eisenbestimmung mittelst Berliner Blau. Hier lässt sich eine dem Verdünnen entsprechende gleichmässige Abnahme der Farbenintensität nachweisen.

Diese letztere verändert sich innerhalb gewisser Grenzen nicht, wenn der Säuregehalt geändert wird. Während der Eisengehalt beim Rhodaneisen einige Zehntausendstel Gramm im Cubikcentimeter nicht überschreiten darf, damit die Lösung noch

1) Der Einfachheit halber sei die durch Vermischen von Eisenchlorid mit Rhodankalium erhaltene Flüssigkeit als Lösung von Rhodaneisen bezeichnet; bekanntlich haben indessen Krüss und Moraht (Berichte der deutsch-chem. Ges. Bd. 22 S. 2061) nachgewiesen, dass in der Lösung eine Doppelverbindung von Rhodankalium und Rhodaneisen anzunehmen ist.

in ca. 10 cm dicker Schicht leicht durchscheinend ist, darf eine brauchbare Berlinerblaulösung nur einige Zehnmillionstel Gramm Eisen im Cubikcentimeter enthalten.

Berlinerblau entsteht beim Zusammentreten von einem Ferrisalz mit Ferrocyankalium; es ist in Wasser unlöslich, wenn nicht ein genügender Ferrocyankaliumüberschuss hinzugefügt ist.

Giesst man Oxalsäurelösung oder eine Lösung von weinsaurem Ammoniak auf ein Filter, auf welchem man Berlinerblau gesammelt und gut ausgewaschen hat, so gelingt es zwar leicht, dasselbe in Form von tiefblauen Lösungen hindurchzufiltriren, aber diese Lösungen (?) lassen im Licht[1]), wie auch unter **Lichtabschluss,** den blauen Farbstoff nach und nach ausfallen.

Besser als die eben genannten Lösungen eignen sich für unseren Zweck die Lösung des Berlinerblaus in (überschüssigem) Ferrocyankalium (sog. »lösliches Berlinerblau«); bei ihrer Herstellung ist indessen zu beachten, dass das »lösliche Berlinerblau« durch einen zu grossen Ueberschuss von Ferrocyankalium unter Entfärbung zersetzt wird.

Um sich zu colorimetrischen Versuchen eine »Normallösung« von Berlinerblau herzustellen, bereitet man sich zunächst eine sehr verdünnte Eisenchloridlösung von bekanntem Eisengehalt; von dieser Lösung[2]), die eventuell nochmals zu verdünnen ist, versetzt man eine bestimmte Menge mit einer sehr verdünnten Lösung (1 : 1000) von Ferrocyankalium. Um alles Eisen als Berlinerblau zu fällen, gebraucht man sechs Mal so viel Ferrocyankalium, als Eisen vorhanden ist[3]); nun erhält man aber einen unlöslichen Farbstoff; daher muss man Ferrocyankalium im Ueberschuss zusetzen, **bis vollständige Auflösung erfolgt ist,** wobei man aus dem oben bezeichneten Grunde sehr vorsichtig zu Wege gehen muss.

Hat man vorher noch nicht genügend verdünnt, so thut man dies jetzt, bis eine hellblaue Flüssigkeit entsteht, und merkt sich genau den Verdünnungsgrad.

1) Schoras, Ber. d. deutsch-chem. Ges. Bd. 3 S. 12.

2) Die Lösung darf kein Oxydulsalz enthalten, da sonst ein weisslichblauer Niederschlag mit entsteht.

3) Genauer: für 223,6 g Eisen sind 1265,7 g Ferrocyankalium erforderlich.

Mittelst dieser Lösung lassen sich durch Vergleichung im Apparate recht kleine Eisenmengen nachweisen. Die zu untersuchende Flüssigkeit wird analog der Bereitung der Normallösung behandelt. Kann man nicht übersehen, wie viel Eisen in der Lösung ungefähr enthalten ist, so muss man mit dem Ferrocyankaliumzusatz ganz besonders vorsichtig vorgehen. Sobald bei weiterem Ferrocyankaliumzusatz eine Vertiefung der Farbe, also ein Ausfallen von neuem Farbstoff nicht mehr stattfindet, ist nur noch soviel Ferrocyankalium zuzufügen, als zur vollständigen Lösung des Farbstoffes unbedingt erforderlich ist.

Auch die Berlinerblau-Ferrocyankalium-Normallösung ist nicht sehr lange haltbar.

Das Auflösen des Berlinerblau (wenn man es so nennen will) in Ferrocyankalium hat den grossen Nachtheil, dass ein zu grosser Ueberschuss die Nuance und Intensität der Farbe verändert, und so bei der colorimetrischen Bestimmung grosse Fehler unterlaufen können.

Versuche, eine haltbarere Lösung etwa mit Oxalsäure oder weinsaurem Ammoniak herzustellen, haben bisher zu keinem befriedigenden Resultate geführt (siehe oben).

Es sollte hier vor Allem die Art colorimetrischer Messungen mit dem Apparate beschrieben werden; sollte sich ein brauchbareres Lösungsverfahren für Berlinerblau finden, so könnte damit die recht bequeme, wenn auch nur bis zu einem gewissen Grade genaue, Eisenanalyse noch besser verwerthet werden.

Versuche mit Blut.

Wenn beim v. Fleischl'schen Hämometer das verdünnte Blut mit röthlichem Glas und beim Hämoglobinometer von Gowers mit einer Pikrokarminglycerinlösung verglichen wird, so soll hier Blutfarbstoff mit Blutfarbstoff verglichen werden, was von Vortheil ist, da die Blutfarbe sehr schwer exact nachzuahmen ist, und bei der geringsten Differenz in der Nuance der Farbe ein Helligkeitsvergleich ausserordentlich erschwert ist.

Beim v. Fleischl'schen Apparat kommt die Farbe bei richtiger Beleuchtung allerdings der des Blutes recht nahe, aber

nur für annähernd normalen Hämoglobingehalt. Ist der Hb-Gehalt des Blutes bedeutend unter die Norm gesunken (z. B. 40%), so unterscheiden sich die Farben von Goldglas und Blut fast immer in der Weise, dass das Blut mehr gelblich, das Goldglas mehr röthlich erscheint.

Dies kommt daher, dass das Goldglas gleichmässig mit einer Farbe gefärbt ist und beim Verdünnen der Schicht nur die Helligkeit der Farbe verändern lässt, das Hämoglobin aber ist dichroitisch und scheint bei starker Verdünnung nicht nur die Helligkeit, sondern auch die Nuance der Farbe zu verändern.

Viel näher kommt dem Blutfarbstoff das ebenfalls dichroitische Pikrokarmin, aber auch mit ihm lässt sich eine dem Blutfarbstoff in allen Verdünnungen gleiche Farbe nicht herstellen.

Das Hämoglobinometer von Gowers liefert in Folge der relativ dünnen Schicht, durch welche man zum Vergleiche mit dem Blut hindurchsieht, nur sehr ungenaue Resultate.

Versuche, zu dem oben beschriebenen Apparate zwecks Blutuntersuchung eine Vergleichslösung aus Pikrokarmin herzustellen, mussten aus obigen Gründen aufgegeben werden und nach einer aus Blutfarbstoffe selbst herzustellenden haltbaren Normallösung gesucht werden.

Diese fand sich in der unten beschriebenen Methämoglobinglycerinlösung. Dabei muss das zu untersuchende Blut lackfarben gemacht und das Hämoglobin in Methämoglobin übergeführt werden.

Zunächst sollen einige bei Hämoglobinbestimmungen in Betracht kommende Daten angeführt werden.

Der Hämoglobingehalt des Blutes schwankt nach Preyer[1]) bei der Frau zwisch. 11,59 g u. 13,69 g in 100 g Blut (Diff. 2,12 g), beim Manne » 12,09 g » 15,07 g » 100 » » (» 2,98 »).

Der Durchschnittsgehalt ist

bei der Frau 12,63 g[2]), beim Manne 13,45[3]).

1) Preyer, Die Blutkrystalle S. 117. Die Zahlen sind durch spektrophotometrische Bestimmung erhalten.

2) = arithmet. Mittel von Min. u. Max.

3) Der obigen Tabelle entnommen, Preyer, a. a. O.

Auch bei derselben Person schwankt der Hb-Gehalt des Blutes je nach dem Alter (Leichtenstern)[1]) und der jeweiligen Flüssigkeitsaufnahme oder -abgabe.[1])

Setzt man, wie es die Apparate von v. Fleischl und Gowers verlangen, den durchschnittlichen Hb-Gehalt gleich 100, so berechnen sich die individuellen Schwankungen nach obiger Tabelle als 16,8% für die Frau und 22,0% für den Mann. Diese Zahlen müssen bei der Verwerthung der Hb-Bestimmung mit jenen beiden Apparaten berücksichtigt werden; man kann daher z. B. von einer pathologischen Herabsetzung des Hb-Gehaltes erst dann sprechen, wenn das untersuchte Blut einen geringeren Farbstoffgehalt aufweist als 91,6 % bei der Frau und 89 % beim Mann.

Um mit dem oben beschriebenen Apparat eine Hb-Bestimmung auszuführen, verdünnt man eine kleine Menge Blut, indem man das dem Apparate beigegebene Capillarröhrchen (nach Anhauchen) sich vollsaugen lässt[2]) und nun in einer kleinen Menge Wasser, dem einige Tropfen Aether und einige Tropfen einer (concentr.) Kalinitritlösung zugesetzt sind, ausspült. Man füllt nun mit Wasser bis zu einem bestimmten Volumen (15 ccm) auf. Hierauf entnimmt man von der Normalmethämoglobin-Glycerinlösung etwa fünf Capillaren (da sie nur einen Methämoglobingehalt von ca. 2 g in 100 ccm hat) und spült sie jeweils in einem zweiten Gläschen reinen Wassers aus; dann füllt man auf das gleiche Volumen des ersten Gläschens (ungefähr auf 15 ccm) auf. Sind die beiden Flüssigkeiten nicht ganz klar, so filtrirt man sie.

Nun füllt man mit dem Inhalt beider Gläschen die beiden Trichter[3]), und stellt die hellere Lösung auf 100 ein. Hierauf schiebt man die andere Röhre so lange hin und her, bis die Farbintensitäten beiderseits gleich sind, und liest ab; es verhält sich dann:

1) Landois, Lehrb. d. Physiol. 3. Aufl. Wien u. Leipzig 1891, S. 40.

2) Man macht mit dem Metallgriff der Capillare, der in ein spitzes Messerchen ausläuft, einen kurzen Stich in die Fingerkuppe oder besser in die innere Fläche des Ohrläppchens.

3) Bei der starken Verdünnung des zu untersuchenden Blutes ist dessen Oxyhämoglobin schon nach einigen Minuten in Methämoglobin übergeführt.

Der Hämoglobin- (resp. Methämoglobin) Gehalt des zu untersuchenden Blutes M_x zu dem Methämoglobingehalt der Normallösung M_n (multiplicirt mit der Anzahl (a) der davon genommenen Capillaren!) umgekehrt wie die Auszugslängen (l_n und l_x) oder:

$$M_x : M_n \cdot a = l_n : l_x$$

$$M_x = \frac{M_n \cdot a \cdot l_n}{l_x}.$$

Die resultirende Zahl ergibt den Hb-Gehalt von 100 ccm Blut in Grammen. Um nun den Procentgehalt zu erhalten, muss man noch das spec. Gew. des Blutes in Rechnung ziehen = 1055, also das Resultat noch mit $\frac{1000}{1055}$ multipliciren:

$$M_x = \left(\frac{1000}{1055} \cdot M_n\right) \cdot \left(\frac{a \cdot l_n}{l_x}\right).$$

Der Vereinfachung halber ist der Quotient $\frac{1000}{1055} \cdot M_n$, weil er constant ist, gleich auf der Normallösung angegeben (anstatt M_n allein).

Herstellung der Normal-Methämoglobinglycerin-Lösung.

100 ccm frisches, defibrinirtes Schweineblut werden mit 5 ccm einer etwa 10% Kalinitritlösung und einer Spur Aether versetzt und 24 Stunden an einem kühlen Orte aufbewahrt; hierauf werden sie mit Glycerin auf 500 ccm aufgefüllt, nach einigen Tagen filtrirt und dann gut verschlossen aufbewahrt.

Die so bereitete Lösung enthält ca. 2% Hb als Methämoglobin und sieht syrupartig, braunroth aus.

Der Hb-Gehalt dieser Lösung wurde durch Bestimmung des Eisengehalts der Asche genau ermittelt (siehe unten).

Hämoglobinlösungen lassen sich nicht haltbar herstellen, weil sich das Hb sehr bald in Methämoglobin umsetzt.

Methämoglobin hat den Vortheil vor Oxyhämoglobin, dass es sich nicht verändert, wenn keine Fäulniss stattfindet. Um die Fäulniss zu verhindern, erwiesen sich Carbol, Trikresol, Thymol etc. als ungeeignet, weil sie eine continuirliche Ausscheidung von Eiweissstoffen hervorriefen, und sich damit auch der Hb-Gehalt der Lösung änderte. Eine Methämoglobinlösung in Glycerin mit noch höherem Hb-Gehalt ist unvortheilhaft, weil man zu ihr zu viel Blut und zu wenig Glycerin nehmen muss, so dass trotz des letzteren Fäulniss eintreten kann.

Gegenüber dem Hb hat das Methämoglobin den Nachtheil, dass es weniger farbkräftig ist, d. h. eine Methämoglobinlösung ist etwas heller als Oxyhämoglobinlösung vom demselben Hb-Gehalt (etwa i. Verhältniss v. 70 : 100).

Bestimmung des Eisengehaltes der Asche.

50 ccm Normallösung werden mit 25,2 g kohlensaurem Natron und 12,6 g salpetersaurem Natron[1]) auf dem Wasserbade soweit als möglich[2]) eingedampft. In einer grösseren Platinschale werden einige Krystalle Natronsalpeter geschmolzen, und nun die eingedickte Masse in kleinen Portionen hineingethan, bis alles verascht ist. Hierauf lässt man erkalten und löst dann die erstarrte weisse Salzmasse in heissem Wasser auf, setzt einige Tropfen einer Lösung von phosphorsaurem Natron hinzu und filtrirt. Auf dem Filter bleibt das Eisen als phosphorsaures Eisen und Eisenoxydhydrat nebst den Erdphosphaten zurück. Das Filter wird dann mit mässig verdünnter heisser Salzsäure übergossen und mehrmals nachgewaschen; das im Filtrat etwa befindliche Eisenoxydul wird mit Salpetersäure in Oxyd übergeführt, und die Säure hierauf durch Eindampfen vertrieben. Nun löst man wieder in verdünnter Salzsäure auf und setzt so lange Ferrocyankaliumlösung langsam zu, bis kein neuer Farbstoff mehr gefällt wird.[3]) Das entstandene unlösliche Berlinerblau wird abfiltrirt (das Filtrat muss farblos bleiben) und mit Wasser ausgewaschen.[4]) Hierauf übergiesst man das Filter mit (ca. 2%) Kali-

1) Das Verpuffen des Blutrückstandes mit Salpeter ist bequemer und wegen Vermeidung des üblen Geruches weniger lästig als das gewöhnliche Veraschen.

2) In Folge des Glyceringehaltes dauert das Eindicken ziemlich lange.

3) Da man etwa mit dem sechsfachen Gewicht des Eisengehaltes an Ferrocyankalium diesen Punkt erreicht (siehe S. 77), so gebraucht man für den Eisengehalt der 50 ccm Normallösung (von ungefähr 2% bis 2,5% Hb-Gehalt 25—35 ccm einer 1‰igen Ferrocyankaliumlösung.

4) Wie schon oben bemerkt, ist das Berlinerblau, wenn ein zu grosser Ueberschuss von Ferrocyankalium vermieden wurde, unlöslich in Wasser, bleibt vollständig auf dem Filter zurück und kann daher mit Wasser ohne Weiteres ausgewaschen werden. Zusätze von Zink und ähnlichem, wie sie von E. Ludwig und Gottlieb angegeben wurden, sind dann nicht nöthig. Die Grenze, bei welcher ein Ferrocyankaliumüberschuss durch Erzeugung »löslichen Berlinerblaus« das Analysenresultat wägbar zu verändern, beginnt, liegt relativ hoch, so dass die Ausführung nicht allzu schwierig ist.

lauge, bis alles Berlinerblau zersetzt ist, und wäscht dann wieder mit Wasser aus.

Das auf dem Filter zurückbleibende Ferrihydroxyd wird durch Uebergiessen mit heisser verdünnter Salzsäure gelöst, und das Eisen im Filtrat mittelst Ammoniak gefällt.

Das gefällte Eisenoxydhydrat wird auf einem Aschenfilter gesammelt, ausgewaschen, getrocknet und in einem (gewogenen) Tiegel geglüht; die sich auf der Waage dann ergebende Eisenoxydmenge (e) (Gesammtasche weniger Filterasche) enthält 70% Eisen $= e \cdot 0{,}70$;

da 0,42 g Eisen in 100 g Hb enthalten sind,

so sind $e \cdot 0{,}70$ g » » $e \frac{0{,}70 \cdot 100}{0{,}42}$ g Hb enthalten; demnach befinden sich in 100 ccm der Normallösung $2 \cdot e \cdot \frac{0{,}70 \cdot 100}{0{,}42}$ g Hb (als Methämoglobin). Diese Zahl ist auf der Normallösung angegeben, ausserdem noch die sich bei Multiplikation obigen Resultates mit $\frac{1000}{1055}$ ergebende Zahl $\left(= \frac{1000}{1055} \cdot 2 \cdot e \cdot \frac{0{,}70 \cdot 100}{0{,}42} = 315{,}955 \cdot e\right)$, weil sie die Berechnung des Hb-Gehaltes des zu untersuchenden Blutes vereinfacht (vergleiche p. 81).

Die Theilung des Apparates ist noch mit einer zweiten Zahlenreihe versehen, welche gestattet, dass man eventuell sofort den Hämoglobingehalt des zu untersuchenden Blutes in Procenten des Gesammtblutes ablesen kann: hat man nämlich eine genau 10% Normalmethämoglobinlösung (oder eine genau 2% und nimmt dann von dieser [dem Volumen nach] fünfmal so viel als vom zu untersuchenden Blut u. s. f.) einerseits, zu untersuchendes (methämoglobinisirtes) Blut andererseits, beide in entsprechender Verdünnung, im Apparate, so stellt man die Röhre mit dem zu untersuchenden Blut (!) auf 10 (der Theilung 0—20) ein; die andere Röhre wird dann (nachdem sie hin- und hergeschoben wurde, bis die Gesichtsfelder in beiden Röhren gleiche Farbenintensität besitzen) auf der Skala direct anzeigen, wie viel Gramm Hb sich in 100 g des zu untersuchenden Blute befinden.

Diese Methode der Hb-Bestimmung mit dem Apparat ist jedenfalls die bequemste, weil keine nachherige Umrechnung nötig ist; ausserdem gibt das Resultat sofort einen absoluten Werth an und nicht eine Zahl, die auf den mittleren Hb-Gehalt des Menschen bezogen ist.

Endlich sei noch eine weitere mit dem Apparat ausführbare Hb-Bestimmungsmethode angegeben, die zwar etwas umständlich ist, aber ganz interessant sein dürfte: man verdünnt eine kleine Menge (Capillare) Blutes in etwas Wasser, dampft in einem kleinen Tiegel ein, glüht, setzt einige Tropfen Salzsäure und Salpetersäure zu, dampft wiederum ein; dann löst man den Tiegelinhalt, setzt Spuren von Ferrocyankali zu, bringt das Ganze auf ein bestimmtes Volumen (z. B. 15 ccm), bestimmt in dieser hellblauen Lösung mittelst einer Normal-Berlinerblaulösung den Eisengehalt und berechnet daraus den Hämoglobingehalt des Blutes.

Man kann sich dies Verfahren und die Berechnung sehr erleichtern, wenn man sich eine Berlinerblaulösung herstellt, welche genau einer 10 % Hb-Lösung entspricht, d. h. in 1 ccm 0,00044310 g Eisen enthält. Stellt man dann die aus dem zu untersuchenden Blute hergestellte blaue Lösung auf 10 (der Theilung 0—20), so kann man (analog der zuletzt beschriebenen Methäm.-Bestimmung) nach Herstellung gleicher Helligkeit mit der anderen Röhre, den absoluten Hb-Gehalt des Blutes direct ablesen.

Zum Schluss sei mir gestattet, Herrn Geh. Rath W. Kühne für die mir bei der Arbeit in überaus liebenswürdiger Weise zu Theil gewordene Hülfe auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

1) Der Apparat mit Capillare, sowie die Methämoglobinglycerin- und Berlinerblau-Lösungen können von Wilh. Walb, Instrumentenfabrik in Heidelberg, bezogen werden.

Beiträge zur Chemie einiger Seethiere.

Von

E. Drechsel.

Während der Zeit von Mitte September bis Mitte October vorigen Jahres hatte ich Gelegenheit, im chemischen Laboratorium der Zoologischen Station in Neapel einige Versuche anzustellen, über deren Ergebnisse ich im Folgenden kurz berichten will. Vorher aber sei mir gestattet, der schweizerischen Behörde für die Ueberlassung eines Arbeitsplatzes, sowie Hrn. Geh. Rath Prof. Dr. Dohrn und den an der Station angestellten Herren, insbesondere den Herren Prof. Eisig, Prof. Schoenlein, Dr. Schiemenz und Cav. Lobianco, für ihre liebenswürdige und unermüdliche Unterstützung bei meinen Versuchen meinen wärmsten Dank auszusprechen, und zugleich die Aufmerksamkeit der Fachgenossen von Neuem auf dieses ausgezeichnete Institut hinzulenken. Das chemische Laboratorium darin ist mit den nöthigen Hülfsmitteln genügend ausgestattet, so dass man die meisten Arbeiten, auch Elementaranalysen, bequem daselbst ausführen kann. Es wäre daher bei der ausserordentlichen Fülle des Materials und der interessantesten Probleme dringend zu wünschen, dass recht Viele ihre Arbeitskraft diesem Gebiete zuwenden und wenigstens einige Wochen einmal dort arbeiten wollten. Wenn diese Zeit auch nicht genügt, um eine Untersuchung zu vollenden, so kann man doch die nöthigen Vorversuche machen und soviel Material sammeln, als für die weiteren Arbeiten zu Hause erforderlich ist.

Ganz besonders werthvoll ist noch die ausserordentlich reichhaltige Bibliothek der Station, die ausser der rein zoologischen Literatur auch alle physiologischen Zeitschriften und Jahres-

berichte enthält, so dass man immer die nöthigen literarischen Hülfsmittel zur Hand hat und nicht darauf angewiesen ist, alle Bücher, deren man bedarf, selbst mitzubringen.

Was mich veranlasste, nach Neapel zu gehen, war der Wunsch, einige der eigentlichen albuminoïden Gerüstsubstanzen niederer Seethiere kennen zu lernen, über die bereits Krukenberg gearbeitet hat; ein glücklicher Zufall fügte es, dass ich in den Besitz der lebensfrischen Leber eines Meersäugethieres, eines Delphins, gelangte und so auch mit dieser einige Versuche anstellen konnte.

I. Ueber einige Bestandtheile der Leber des Delphins.

Bei einem Ausfluge mit dem kleinen Dampfer der Station stiessen wir auf ein Schaar Delphine, von denen einer, ein junges, nichtträchtiges Weibchen, von einem der Matrosen harpunirt wurde. Die Harpune war dem Thiere in die Leber eingedrungen und hatte eine so grosse Wunde verursacht, dass das Thier schon im Wasser verblutete und todt an Bord gezogen wurde. Herr Prof. Schoenlein hatte die Güte, sofort die Leber für mich herauszuschneiden, so dass dieselbe schon ca. 10 Minuten nach dem Tode des Thieres, in einige Stücke zerschnitten, in ein Gefäss mit absolutem Alkohol gelegt werden konnte. Einige Stunden später waren wir wieder in der Station angelangt, und nun wurde die Leber möglichst fein zerrieben und mit dem Alkohol übergossen stehen gelassen. Am nächsten Tage wurde sie stark ausgepresst, der feste, trockne Presskuchen nochmals fein zerrieben und in frischen absoluten Alkohol gebracht; am folgenden Tage wurde diese Operation wiederholt und ebenso am dritten Tage. Dieser letzte Auszug enthielt jedoch nur eine ganz geringe Menge fester Substanz, und deshalb wurde nun der Presskuchen zerkleinert und an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet.

Der erste alkoholische Auszug der noch wasserhaltigen Leber hinterliess beim Eindampfen bei ca. 40° einen dunklen öligen Rückstand; die folgenden Auszüge dagegen hinterliessen hellgelbe, schmierige Rückstände — kurz, die Erscheinungen waren ganz dieselben, wie ich sie früher bei der Untersuchung der

Pferdeleber beobachtet habe [1]), und meine Absicht bei diesen Versuchen war denn auch, zu sehen, ob die Leber des Delphins ebenso wie die Pferdeleber auch Jecorin und dessen Begleiter enthielte. Die beiden schmierigen Rückstände wurden deshalb vereinigt und mit Aether übergossen; die Auflösung erfolgte leicht unter Hinterlassung eines geringen weissen, pulverigen Niederschlages, der sich allmählich beim Stehen klar absetzte. Er wurde durch Decanthiren mit Aether ausgewaschen, an der Luft getrocknet und dann mit etwas verdünntem Ammoniak übergossen, worin er sich bis auf einen geringen Rest auflöste. Eine Probe der klar filtrirten ammoniakalischen Lösung wurde mit einer ammoniakalischen Silberlösung versetzt: es entstand ein flockiger, gelatinöser Niederschlag (*a*), der auf die Gegenwart eines Xanthinkörpers deutete; die Hauptmenge der ammoniakalischen Lösung wurde dagegen auf einem Uhrglase der freiwilligen Verdunstung überlassen. Dabei schieden sich zunächst weisse, kreidige Massen aus (wie dies Seitens der Xanthinkörper zu geschehen pflegt), und als die Flüssigkeit nicht mehr nach Ammoniak roch, wurde sie vorsichtig auf ein anderes Uhrgläschen abgegossen und weiter verdunsten gelassen. Als dann der Rückstand mikroskopisch untersucht wurde, zeigten sich darin schön ausgebildete, sechsseitige Täfelchen ganz von dem Aussehen des Cystins; zur grösseren Sicherheit wurden einige der Kryställchen in ein kleines Glasröhrchen gebracht und in einem Tröpfchen alkalischer Bleilösung gelöst, worauf das Röhrchen zugeschmolzen und in einem kochenden Wasserbade erhitzt wurde: die ursprünglich ganz farblose Lösung färbte sich dabei bräunlich, und schliesslich schied sich auch ein deutlicher schwarzer Niederschlag von Schwefelblei aus.

Die oben erwähnte, vom Cystin etc. getrennte, ätherische Lösung gab mit absolutem Alkohol versetzt einen weissen, flockigen, etwas zusammenbackenden Niederschlag, der nach dem Abfiltriren durch mehrmals wiederholtes Lösen in Aether und Fällen mit Alkohol möglichst gereinigt wurde. Da aber seine Menge hierbei sehr stark abnahm, so konnte diese Reinigung nicht voll-

1) Journ. f. prakt. Chem. II. Bd. 33 S. 425.

endet werden; das schliesslich erhaltene Präparat löste sich nicht völlig klar, sondern mit einer, wenn auch nur geringen Trübung im Wasser auf — ein Zeichen, dass noch etwas Lecithin vorhanden war. Diese Lösung reducirte nun leicht Fehling'sche Lösung beim Kochen und gelatinirte dann beim Erkalten zu einem Seifenleim, woraus sich ergibt, dass die Substanz Jecorin war.

Die alkoholisch-ätherische Mutterlauge des Jecorins (von einer zweiten Delphinleber stammend) gab, mit einer alkoholischen Platinchloridlösung versetzt, einen reichlichen eigelben, pulverigen Niederschlag, der abfiltrirt und mit Alkohol gewaschen wurde; er löste sich in Aether zum grössten Theile auf und wurde aus dieser Lösung durch Alkohol wieder gefällt, um sich dann in Aether wieder nur theilweise aufzulösen. Dieses Verhalten stimmt mit demjenigen des Lecithinplatinchlorids, das in Aether leicht, in Alkohol nicht löslich ist; die Natur des bei dem jedesmaligen Behandeln mit Aether ungelöst bleibenden Theiles habe ich wegen seiner geringen Menge nicht feststellen können, da derselbe aber in Wasser unlöslich ist, so ergibt sich hieraus wenigstens, dass er kein Cholinplatinchlorid ist. Mit Aether völlig ausgewaschen und dann über Schwefelsäure getrocknet, bildet er eine ziemlich feste, mit Sprüngen durchsetzte und dem Papier stark anhaftende, gelbe Masse, die in Wasser ähnlich wie Lecithin, allmählich zergeht, ohne sich doch darin aufzulösen.

Der durch ammoniakalische Silberlösung erzeugte Niederschlag löste sich beim Erhitzen mit verdünnter Salpetersäure fast völlig auf; beim Erkalten krystallisirte aus dieser Lösung ein Salz aus, das aber unter dem Mikroskope nur sehr kleine, feine Nädelchen erkennen liess und anders aussah, als das auf gleiche Weise erhaltene Hypoxanthinsilbernitrat. Wenn hiernach auch kaum ein Zweifel sein kann, dass ein Xanthinkörper vorlag, so konnte doch die Natur desselben nicht festgestellt werden, da die Menge der Silberverbindung zur Analyse nicht ausreichte.

Endlich sei noch erwähnt, dass aus dem mit Alkohol erschöpften Rückstande der Leber nach der Methode von Külz leicht Glykogen erhalten werden konnte, ca. 0,2 g aus 25 g luft-

trockenem, mit Alkohol erschöpftem Leberpulver (der Magen des Thieres war leer gefunden worden).

Aus dem Vorstehenden geht somit deutlich hervor, dass in der Delphinleber dieselben Substanzen enthalten sind, wie in der Pferdeleber; ein besonderes Interesse beansprucht dabei das Cystin, einmal, weil es hier zum ersten Male bei einem Seethiere nachgewiesen worden ist, und ein andermal, weil dieser Befund im Vereine mit dem gleichen beim Pferde mit Sicherheit darauf hinweist, dass das Cystin ein Product des normalen Stoffwechsels [1]) ist und seine Entstehung nicht pathologischen Umständen verdankt. Wenn wir diese Substanz unter normalen Umständen nicht in grösserer Menge und namentlich nicht im Harne finden, so liegt dies eben daran, dass es im weiteren Verlaufe des Stoffwechsels normal wieder völlig aufgebraucht wird. Es verhält sich gerade so wie der Zucker; wie dieser vom gesunden Organismus völlig verbraucht, vom kranken aber in Substanz ausgeschieden wird, so ist es auch mit dem Cystin, und Diabetes mellitus und Cystinurie müssen als analoge Krankheiten aufgefasst werden. Freilich können wir noch nicht sagen, worin nun eigentlich die Krankheit beim Diabetes besteht, sicher scheint nur zu sein, dass der glykosurisch erkrankte Organismus die Fähigkeit, Zucker zu verarbeiten, ganz oder zum Theil verloren hat, und dem entsprechend kann der cystinurisch erkrankte das normal gebildete Cystin nicht weiter verwerthen. Dieser Vergleich zwischen Glykosurie und Cystinurie ist nicht neu, insofern man schon früher letztere als eine Stoffwechselerkrankung angesehen hat; man liess diese Ansicht aber fallen, weil sie anscheinend nichts Bestimmtes aussagte; wenn wir aber später eine bessere Einsicht in des chemische Getriebe des Stoffwechsels gewonnen haben werden, so werden wir sicher auch jede Unregelmässigkeit desselben auf die Erkrankung oder Insufficienz eines bestimmten Organs zurückführen können. Darauf deuten vor Allem auch die bemerkenswerthen Erfolge der neueren

1) Eben darauf deuten übrigens auch die schönen Untersuchungen E. Baumann's über die Bildung der Mercaptursäuren hin.

therapeutischen Behandlung der Cachexia thyreopriva und des Myxoedem mit Schilddrüsensaft hin.

II. Ueber das Achsenskelett von Gorgonia Cavolinii.

C. F. W. Krukenberg[1]) hat die hornige Substanz des Achsenskeletts von Gorgonia und Antipathes einigen Versuchen unterworfen und als Corneïn bezeichnet; er fand, dass sie bei Behandlung mit starker Schwefelsäure sich allmählich löst, und dass die concentrirte Lösung beim Stehen in der Kälte eigenthümliche kleine Krystalle ausscheidet, die er Cornikrystallin nannte. Dieses ist so vergänglicher Natur, dass er es nicht rein erhalten konnte; es schien durch alle Lösungsmittel sofort zersetzt zu werden, da es aus den Lösungsmitteln nicht wieder auskrystallisirte. Ich hatte nun ursprünglich die Absicht, dieses Cornikrystallin etwas näher zu untersuchen, allein meine Aufmerksamkeit wurde sehr bald durch ein anderes Zersetzungsproduct des Corneïns in Anspruch genommen, über welches ich in den folgenden Zeilen berichten will; über das Cornikrystallin sollen nur ein paar Worte eingeflochten werden.

Ob ich dasselbe Corneïn wie Krukenberg unter den Händen gehabt habe, ist mir etwas zweifelhaft, da er sonst ohne Zweifel dieselbe Beobachtung gemacht hätte, wie ich, und diese dann auch sicherlich erwähnt haben würde; er gibt an, dass er die Achsenskelette von Gorgonia verrucosa und flabellum und Antipathes benutzt habe. Mir stand nun eine schöne, rothe Weichkoralle, Gorgonia Cavolinii, in ziemlicher Menge zur Verfügung; dieselbe bildet kleine Bäumchen, deren Aeste und Zweige sämmtlich in ein und derselben Ebene liegen. Die rothe, weiche Polypenmasse sitzt auf dem hornartigen Achsenskelette ziemlich fest auf, und dieses selbst wurzelt direct auf dem Gesteine des Meeresgrundes; die Polypenstöcke finden sich immer an schattigen Stellen des Meeresgrundes, was vielleicht mit der Lichtempfindlichkeit des rothen Farbstoffs der Polypen zusammenhängt; dieser wird durch das Sonnenlicht rasch gebleicht.

1) Vergleichend-physiologische Studien, I. Reihe, Bd. 5 S. 2.

Das Achsenskelett besteht nun aus einer hornartigen, im feuchten Zustande dunkelbraunen, äusserst zähen, biegsamen Masse, deren dickere Stücke bis schwarzbraun aussehen, während die jüngeren und dünnsten Aeste mehr gelbbraun sind; nach dem Trocknen kann man die Stücke zerbrechen, wenngleich nur ziemlich schwierig. Auf dem Platinbleche erhitzt springen die Stücke stets herunter; in einer Röhre erhitzt, schmelzen sie unter Knattern und starken Bewegungen mit starker Gasentwicklung, so dass sie ihr Volum um das Mehrfache vergrössern; dabei entweichen Ammoniak und Schwefelwasserstoff, und ein eigenthümlicher Geruch, Anfangs nach verbranntem Fett, später mehr nach Horn, tritt auf (Ammoniak wurde durch Lackmus-, H_2S durch Bleipapier nachgewiesen).

In kalten verdünnten und concentrirten Alkalien und Säuren zeigt sich die Substanz zunächst unlöslich; concentrirte Schwefelsäure färbt sich allmählich dunkel, während die Stücke sich mit glitzernden, mikroskopischen Kryställchen überziehen. Mit verdünnter Schwefelsäure (1 Vol. H_2SO_4 + 4 Vol. H_2O) gekocht, lösen sich die Stücke allmählich auf, und die eingedampfte, ganz dunkle Lösung lässt beim Stehen im Exsiccator Krystalle ausfallen, die anscheinend mit dem Cornikrystallin Krukenberg's identisch sind. Sie bilden, unter dem Mikroskope gesehen tannenbaum- oder sägeähnliche schwarze Gebilde, die auf Wasserzusatz verschwinden; bringt man die Lösung mit den Krystallen auf Thonplatten, so bleibt anscheinend nichts zurück.

In kalter concentrirter Kalilauge, concentrirter Chlorzinklösung, krystallisirbarer Ameisensäure ist die Substanz des Achsenskeletts auch bei sehr langer Einwirkung nicht löslich; das Alkali zieht nur ein wenig Farbstoff und eine Spur Jodgorgosäure (s. u.) aus.

Sehr interessant ist das Verhalten der Substanz gegen mässig starke Salzsäure. Als ca. 5,5 g derselben mit 80 cc eines Gemisches aus gleichen Volumen Wasser und rauchender Salzsäure am Rückflusskühler erhitzt wurden, hatte sich nach ca. 2 St. Alles gelöst; nach dem Erkalten wurden noch ca. 10,5 g Stengel hinzugefügt und wieder erhitzt, wobei ebenfalls bald Lösung eintrat.

Als nun diese Lösung weiter gekocht wurde, fing nach einiger Zeit eine Entwicklung von Joddämpfen an, die so beträchtlich wurde, dass die Dämpfe deutlich violett erschienen, und das Jod sich im Kühler zu schwarzen Krystallen verdichtete; die sauere Lösung selbst war schwarzbraun gefärbt. Die Lösung wurde nun, behufs Vollendung der Zersetzung, ca. 70 St. lang am Rückflusskühler gekocht, wobei das Jod allmählich verschwand, ohne dass ich angeben könnte wohin, da ich über diesen Punkt keine weiteren Versuche angestellt habe.

Diese Zersetzung mit Salzsäure hatte ich vorgenommen, um zu sehen, ob die Substanz des Achsenskeletts (die ich weiterhin der Kürze wegen und zur Unterscheidung vom eigentlichen Corneïn Valencienne's, Fremy's und Krukenberg's als Gorgonin bezeichnen werde) bei derselben die nämlichen Zersetzungsproducte wie die Hornsubstanz der höheren Thiere gebe. Fremy zieht aus seinen Versuchen den Schluss, dass das Corneïn unmöglich ein Eiweisskörper sein könne; da man aber alle Ursache hat, das Keratin auch als einen Eiweisskörper im weiteren Sinne, als ein Albuminoïd aufzufassen, so schien es geboten, auch das Gorgonin in dieser Richtung zu prüfen und namentlich festzustellen, ob dasselbe mit Salzsäure gekocht Lysin und Lysatin liefert. Um diese beiden Producte aufzufinden, wurde die salzsaure Lösung des Gorgonins zum Syrup verdampft, um die grösste Menge der Salzsäure zu entfernen, dann mit viel Wasser verdünnt, mit etwas Zinnchlorür versetzt (wodurch ein braunflockiger Niederschlag entstand), hierauf mit Schwefelwasserstoff entzinnt, dessen Ueberschuss durch einen Kohlensäurestrom in der Kälte und dann auf dem Wasserbade vertrieben und nun filtrirt. Das nur wenig gefärbte Filtrat wurde hierauf etwas eingedampft und kochend heiss mit Salzsäure und Phosphorwolframsäure versetzt, bis in der Hitze kein Niederschlag mehr entstand; dieser war bräunlich, körnig, wurde heiss abfiltrirt und mit SO_4H_2 und PWO [1]) enthaltendem Wasser ausgewaschen, bis das Filtrat chlorfrei war. Nunmehr wurde er in verdünntem Ammoniak gelöst, und die filtrirte blaugrüne Lösung heiss mit kochendem concentrirtem Barytwasser

1) Abkürzung für Phosphorwolframsäure.

in kleinen Antheilen versetzt, bis der Niederschlag körnig wurde und die Flüssigkeit etwas Baryt in Lösung enthielt; dann wurde sofort kochend heiss filtrirt und das Filtrat mit Kohlensäure gesättigt. Dann wurde gekocht, die barytfreie Lösung abfiltrirt, das Filtrat auf dem Wasserbade eingedampft, bis es nicht mehr nach Ammoniak roch, hierauf mit Salzsäure angesäuert und auf dem Wasserbade zur Trockne gebracht. Nunmehr wurde es in Wasser gelöst, aus einer Burette Silberlösung zugesetzt, bis eben alles Chlor gefällt war, dann noch mit ebensoviel Silberlösung versetzt, aufgekocht und stehen gelassen. Am andern Tage wird das Chlorsilber abfiltrirt, das Filtrat etwas concentrirt und mit Alkohol bis zum Entstehen eines Niederschlages versetzt. Nach erfolgter Klärung wurde die Lösung vom Niederschlage abgegossen und mit Aether versetzt, bis keine weitere Trübung mehr entstand; nach drei Tagen war die Flüssigkeit wieder klar geworden und konnte von dem Niederschlage abgegossen werden. Letzterer wurde nun in wenig Wasser gelöst, die Lösung mit ca. 4 Vol. Alkohol versetzt, wodurch ein dunkler, schmieriger Niederschlag entstand, und wieder zur Klärung hingestellt. Als diese eingetreten war, wurde die klare Flüssigkeit decanthirt und mit mehr Alkohol bis zur Trübung versetzt; beim Stehen verdichtet dieselbe sich zu mikroskopischen feinen Nadeln, die auf Zusatz von Aether an Menge und Grösse zunehmen. Unter dem Mikroskope zeigen diese Nadeln die charakteristischen Formen des Lysatinsilberdoppelnitrates, so dass hiernach die Anwesenheit des Lysatins unter den Spaltungsproducten des Gorgonins als erwiesen anzusehen ist; eine Analyse musste allerdings der geringen Menge wegen unterbleiben.

Die Mutterlauge des in der Hitze erhaltenen Phosphorwolframsäure-Niederschlages wurde nunmehr kalt mit überschüssiger Phosphorwolframsäure versetzt, bis kein Niederschlag mehr entstand. Dieser (er bestand aus zwei Fractionen, die des Weiteren gleich behandelt wurden und sich auch gleich verhielten) wurde mit Wasser, welches 5% Schwefelsäure und 5% Phosphorwolframsäure enthielt, kalt ausgewaschen, in kochendem Wasser gelöst, kochend mit Barytwasser zersetzt, sofort filtrirt und das

Filtrat mit Kohlensäure gesättigt. Dann wurde wieder aufgekocht, filtrirt, das Filtrat mit Schwefelsäure neutralisirt, filtrirt und das neue Filtrat auf dem Wasserbade eingedampft. Der rückständige Syrup mischte sich nicht mit Alkohol, er wurde daher mit ein paar Tropfen concentrirter Salzsäure und mit trockenem Platinchlorid versetzt, wodurch ein starker Niederschlag von Kaliumplatinchlorid entstand (die 2. Fraction gab diesen Niederschlag nicht), von welchem abfiltrirt wurde. Das Filtrat wurde mit Alkohol und Aether versetzt, wodurch ein klumpiger harzartiger Niederschlag entstand; da dessen Mutterlauge fast ganz farblos war, wurde noch etwas festes Platinchlorid hinzugefügt, worauf allmählich die Krystallisation begann. Nach mehrtägigem Stehen wird die Mutterlauge abgegossen, die krystallinischen Niederschläge werden in einigen Tropfen Wasser gelöst, filtrirt, und die vereinigten Filtrate mit ca. 3 Vol. Alkohol versetzt; der erzeugte geringe Niedcherslag wird abfiltrirt, und das Filtrat mit Aether gefällt, worauf nach einiger Zeit der Anfangs ölige Niederschlag sich in die prachtvollen, langen Prismen und Nadeln des Lysinplatinchlorides verwandelt.

Die Mutterlauge der Phosphorwolframsäure-Niederschläge wird auf dem Wasserbade auf ca. $^1/_3$ eingedampft und erkalten gelassen, die entstandene krystallinische Ausscheidung abfiltrirt, und das klare Filtrat im Scheidetrichter mit überschüssigem Aether anhaltend durchgeschüttelt. In der Ruhe theilt sich die Flüssigkeit in 3 Schichten: eine obere, rothe, ätherische, die beim Verdampfen nur sehr wenig Rückstand hinterlässt; eine mittlere, wässerige, die noch nicht untersucht wurde, und eine untere, ätherische. Letztere wird abgelassen, auf dem Wasserbade zur Trockne gebracht, dann in Wasser gelöst, kochend durch Barytwasser von Phosphorwolframsäure befreit, filtrirt, Filtrat mit Kohlensäure vom Baryt befreit, filtrirt, und das Filtrat auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft. Der Rückstand wurde mit wenig Wasser zweimal ausgekocht, wobei er sich nur zum Theil löste (unter Entwicklung eines starken Geruchs nach Sellerie?); er löste sich leicht in Ammoniak, und diese (durch ammoniakalische Silberlösung nicht fällbare) Lösung hinterliess beim Verdunsten an der Luft besenartige Nadelbüschel. Diese

schmolzen auf dem Platinbleche unter Gelbfärbung und verbrannten dann unter Entwicklung eines Geruches nach Horn; mit Salpetersäure auf dem Platinbleche verdampft, hinterliessen sie einen gelben Rückstand, der mit Ammoniak mehr roth wurde; mit Millon's Reagens gekocht, gaben sie eine schön rothe Lösung, die sich allmählich trübte unter Ausscheidung eines schmutzigrothen Niederschlags; und endlich mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt, gaben sie eine Lösung, die nach dem Verdünnen und Neutralisiren sich mit Eisenchlorid rothviolett färbte. Hiernach ist die fragliche Substanz Tyrosin.

Die beim Auskochen des Tyrosins erhaltene wässerige Lösung gab beim Verdampfen einen Rückstand, in welchem unter dem Mikroskope die charakteristischen Scheibchen des Leucins zu sehen waren.

In einem zweiten Versuche, bei welchem eine grössere Menge Gorgonin mit Salzsäure zersetzt wurde, habe ich etwas mehr salpetersaures Lysatin-Silberoxyd erhalten, aber doch zu wenig, um es völlig reinigen zu können. Die mit kleinen Mengen Substanz ausgeführten Analysen ergaben keine brauchbaren Resultate; vielleicht handelt es sich auch nicht um Lysatin, sondern um Arginin oder eine ähnliche Base.

Das Lysin habe ich dann nach einer neuen Methode nachgewiesen, deren Einzelheiten ich später an einem anderen Orte mittheilen werde; hier sei nur angedeutet, dass ich dasselbe in Lysursäure (Dibenzoyllysin) und deren schön krystallisirendes saures Barytsalz übergeführt habe. Eine Barytbestimmung in demselben ergab folgende Werthe:

0,2770 g bei 110° getrocknetes Salz hinterliessen beim Glühen im Platintiegel 0,0354 g $BaCO_3$ = 0,02462 g Ba = 8,89% Ba. Die Formel: $2C_{20}H_{22}N_2O_4 + (C_{20}H_{21}N_2O_4)_2Ba$ verlangt: 8,83% Ba.

Aus dem Mitgetheilten ergiebt sich also, dass das Gorgonin sich ganz ähnlich verhält wie das Keratin der Wirbelthiere; wie dieses liefert es bei der Zersetzung mit Salzsäure Lysatin (?), Lysin, Tyrosin, Leucin, wahrscheinlich auch Ammoniak. Man hat daher allen Grund, das Gorgonin dem Keratin an die Seite

zu stellen und als ein Albuminoïd zu betrachten. Uebrigens will ich noch bemerken, dass mit den oben genannten Substanzen die Zahl der fassbaren Zersetzungsproducte noch nicht erschöpft ist, und dass ich mit deren Isolirung noch beschäftigt bin; was speciell das Jod im Gorgonin angeht, so habe ich schon einige Resultate erlangt, die ich im folgenden Abschnitte mittheilen will.

III. Ueber das Jod im Gorgonin.

Im vorhergehenden Abschnitte habe ich erwähnt, dass beim Kochen des Gorgonins mit concentrirter Salzsäure Jod frei wird, und zwar in ganz erheblichen Mengen. Zunächst löst sich das Gorgonin in der Salzsäure auf, ohne Jodabscheidung; diese tritt erst ein nach etwa 2stündigem Kochen und scheint in relativ kurzer Zeit vollendet zu werden. Flüchtige organische Jodverbindungen werden dabei nicht gebildet, und weiter ist der Zutritt der Luft für das Freiwerden des Jods nicht erforderlich; denn dieses geschieht auch in einer Kohlensäureatmosphäre. Schmilzt man ein kleines Stückchen Gorgonin mit Soda und Salpeter und gibt zu der wässerigen Lösung der Schmelze verdünnte Schwefelsäure, so färbt sich die Lösung sofort gelb bis gelbbraun und gibt beim Schütteln mit Chloroform freies Jod an dieses ab; sehr beachtenswerth ist dabei der Umstand, dass die eigentliche Leibessubstanz der Polypen höchstens Spuren von Jod enthält, und ferner, dass nahe verwandte Thiere, z. B. Funiculina quadrangularis delle Chiaje, ebenfalls nur Spuren von Jod enthalten. Ich habe in einer Probe der Achsenskelette das Jod quantitativ bestimmt und folgendes Resultat erhalten:

0,6607 g Gorgonin (lufttrockene Stückchen Achsenskelett) wurden zunächst bei 110° bis zu constantem Gewicht getrocknet, wobei sie 0,0737 g = 11,16 % an Gewicht verloren; die rückständigen 0,587 g wurden sodann im Platintiegel mit reinem Natronhydrat (aus Natriummetall) und etwas Wasser allmählich bis zum Schmelzen erhitzt, bis die Masse wieder ganz weiss geworden war. Dann wurde die Schmelze in Wasser gelöst, filtrirt, mit überschüssiger Silberlösung und dann mit reiner verdünnter Salpetersäure bis zur stark saueren Reaction versetzt, aufgekocht, langsam erkalten

gelassen, der Niederschlag abfiltrirt, im Rose'schen Tiegel gelinde geglüht, das Filter für sich verbrannt, und die Asche mit dem geschmolzenen Jodsilber zusammen gewogen, dann entfernt, und der Tiegel mit dem AgJ allein gewogen. So wurden erhalten: 0,1300 g AgJ im Tiegel und 0,0064 g AgJ bei der Asche. Nun wurde das AgJ (0,1300 g) im Chlorstrom geschmolzen und dann das AgCl wiedergewogen, seine Menge betrug: 0,0986 g. Demnach enthielt das AgJ noch AgCl, und zwar bestanden die 0,1364 g aus 0,084627 g AgJ + 0,051773 g AgCl, entsprechend 0,045723 g J = 7,789 % J und 0,0127996 g Cl. = 2,181 % Cl.

Andererseits hinterliessen 0,5075 bei 110° getrockneter Achsen (ein ganzes Skelett) 0,0360 g Asche = 7,09 %.

Endlich seien auch noch die Resultate[1]) je einer Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Stickstoffbestimmung mitgetheilt, obschon diese ebensowenig wie die oben ausgeführten Werthe als zuverlässige Mittel gelten können; denn die Substanz lässt sich weder reinigen noch pulvern, man muss ganze Stückchen zur Analyse verwenden, und so bleibt es sehr fraglich, ob diese gerade die mittlere Zusammensetzung haben.

0,2715 g bei 110° getrockneter Substanz lieferten mit Blei- und Kaliumchromat verbrannt 0,4135 g CO_2 = 0,112773 g C = 41,54 % C, und 0,1410 g H_2O = 0,015667 g H = 5,77 % H.

0,2584 g bei 110° getrockneter Substanz gaben nach Kjeldahl 0,03745 g N = 14,49 % N.

Das Gorgonin ist demnach arm an Kohlenstoff, aber reich an Stickstoff; Frémy[2]) fand in seinem ebenfalls von Gorgonien stammenden Corneïn 49,4 % C, 6,3 % H und 16,8 % N, welche Werthe nahezu in demselben Verhältnisse stehen wie die von mir für das Gorgonin gefundenen. Auf

49,4 Th. C kommen 6,3 Th. H und 16,8 Th. N im Corneïn u.
auf 49,4 » » » 6,8 » » » 17,2 » » » Gorgonin;
letzteres ist also ein wenig reicher an H und N als ersteres.

1) Diese Analysen hatte Herr Beyer die Freundlichkeit für mich auszuführen.

2) Gmelin-Kraut, Bd. 7 S. 2311 (unter Conchiolin).

Demnach enthält das Gorgonin beinahe viermal soviel Jod als Chlor, und da die Menge des Jodes grösser ist als die der Asche, so folgt hieraus, dass das Jod im Gorgonin in Form einer organischen Jodverbindung enthalten sein muss. Allein organische Jodverbindungen, die schon beim Kochen mit starker Salzsäure allein Jod ausscheiden, sind meines Wissens nicht bekannt, und so war die Möglichkeit gegeben, dass vielleicht ein Theil des Jodes als Jod- oder Ueberjodsäure vorhanden war, die dann durch die organischen Substanzen unter Jodabscheidung zersetzt werden konnten. Ich habe deshalb versucht, das Gorgonin durch Barytwasser zu zersetzen in der Hoffnung, dabei eventuell unlösliches Baryumjodat oder -perjodat zu erhalten; allein es gelang mir nicht, diese Salze nachzuweisen, wohl aber eine stark jodhaltige organische Jodverbindung zu isoliren.

Kocht man Gorgonin mit heiss gesättigtem Barytwasser, bis das starke Schäumen aufgehört hat und der Niederschlag pulverig geworden ist, so erhält man eine gelbe Lösung, die leicht filtrirt und aus der man den Barytüberschuss durch Kohlensäure entfernt. Der pulverige Niederschlag löst sich in verdünnter Salzsäure ohne Jodabscheidung, und diese tritt auch nicht ein auf Zusatz von etwas Jodkaliumlösung, also ist weder Jod-, noch Ueberjodsäure vorhanden. Die mit Kohlensäure behandelte Lösung gibt mit Silberlösung einen flockigen Niederschlag, der sich zum Theil in verdünnter reiner Salpetersäure leicht löst; kocht man diese Lösung unter Zusatz von ein paar Tropfen rother Salpetersäure, so scheidet sich ein starker Niederschlag von gelbem Jodsilber ab. Bei dieser Gelegenheit will ich noch erwähnen, dass Herr Dr. F. Hundeshagen, wie er mir freundlichst mittheilte, schon vor einer Reihe von Jahren ganz ähnliche Beobachtungen an den Jodspongien gemacht, aber nicht veröffentlicht hat, da es ihm damals nicht gelungen war, die jodhaltige organische Substanz in reinem Zustande zu erhalten. Seine silberhaltigen Lösungen zeigten das beschriebene Verhalten und gaben mit Millon's Reagens eine rothe Färbung; er hält es daher für möglich, dass die jodhaltige organische Verbindung Jodtyrosin ist, und die Substanz der Jodspongien ein jodirtes Spongin.

Die Reindarstellung der jodhaltigen Substanz aus der barythaltigen Lösung ist mit ziemlichen Schwierigkeiten verknüpft, so dass die Ausbeute nur gering ist; das beste Resultat wurde auf folgende Weise erhalten: 50 g Gorgoniaachsen wurden mit concentrirtem Barytwasser solange auf dem Wasserbade (beim Kochen schäumt die Masse sehr stark) erhitzt, bis der Anfangs mehr flockige Niederschlag ganz pulverig geworden war; dabei entwich ziemlich viel Ammoniak. Dann wurde filtrirt, das Filtrat sammt Waschwässern mit Kohlensäure gesättigt, vom kohlensauren Baryt abfiltrirt, und das Filtrat und die Waschwässer mit salpetersaurem Silberoxyd völlig ausgefällt. Der dunkle Niederschlag wurde abgesaugt, dann in kalter, vorher mit etwas Harnstoff gekochter verdünnter Salpetersäure gelöst, vom unlöslichen dunklen Rückstande (Ag_2S und AgJ) abfiltrirt, und das dunkle Filtrat vorsichtig mit Ammoniak neutralisirt, wodurch ein hellgrauer, flockiger Niederschlag entstand. Dieser wurde abcentrifugirt, dann mit ca. 15 Vol. kalten Wassers angerührt, wieder centrifugirt und dann noch 2mal mit je ca. 15 Vol. Alkohol centrifugirt. Nun wurde der noch alkoholdurchdrungene Niederschlag in Wasser fein und gleichmässig aufgeschwemmt und vorsichtig soviel verdünnte Salzsäure zugesetzt, dass die Flüssigkeit zuletzt nur äusserst schwach auf Congo reagirte und nur eine Spur Salzsäure enthielt. Das Chlorsilber setzte sich beim Stehen gut ab; die abfiltrirte Flüssigkeit war bräunlichroth gefärbt und besass einen schwachen, an Jod erinnernden Geruch, der aber nicht von freiem Jod herrühren konnte, da mit der Lösung geschütteltes Chloroform völlig farblos blieb; beim Eindampfen auf dem Wasserbade hinterliess sie einen Anfangs öligen, beim Stehen aber anscheinend krystallinisch werdenden Rückstand, der sich in Wasser nicht gerade leicht wieder löste. Die Lösung gab mit Silbernitrat sofort einen dicken, flockigen, weissen Niederschlag, der sich in verdünnter Salpetersäure fast völlig löste; Zusatz einiger Tropfen rother Salpetersäure zu dieser Lösung erzeugte schon in der Kälte eine gelbe Trübung, beim Kochen einen starken gelben Niederschlag von Jodsilber.

Zur Abscheidung der freien Säure wurde nun zur oben beschriebenen Lösung allmählich reiner Aether in kleinen Portionen und unter gutem Umschütteln zugesetzt, bis etwas Aether oben aufschwimmen blieb; als diese Lösung dann einige Tage in der Kälte stehen blieb, schied sich eine weisse, pulverige, krystallinische Masse daraus ab, die abfiltrirt und mit etwas kaltem Wasser gewaschen wurde. Dann wurde sie über Schwefelsäure getrocknet und aus heissem Wasser umkrystallisirt; sie war darin recht schwer löslich, schien mit den Wasserdämpfen etwas flüchtig zu sein, krystallisirte aber hübsch aus. Die erhaltenen Krystalle sind klein, aber doch makroskopisch als solche erkennbar, zeigen unter dem Mikroskope Tafel- und Wetzsteinformen, ähnlich manchen Formen der Harnsäure, sind farblos; sie sind in Wasser schwer, in Kalilauge sehr leicht löslich und werden aus dieser nicht zu verdünnten Lösung durch verdünnte Schwefelsäure oder Essigsäure wieder krystallinisch ausgefällt. In Essigsäure scheint die Säure kaum mehr als in Wasser löslich zu sein; leicht löst sie sich in Salzsäure, und diese Lösung hinterlässt beim Verdunsten prächtige, weisse, wie Tyrosin zu Besen vereinigte Nadeln, welche ein Chlorhydrat der Säure sind. Bringt man nämlich diese Nadeln mit einem Tropfen Wasser unter das Mikroskop, so sieht man dieselbe zerfliessen und sich in schön ausgebildete Kryställchen der reinen Säure verwandeln, deren Mutterlauge mit Silberlösung einer Niederschlag von Chlorsilber gibt; das Chlorhydrat der Säure wird demnach schon durch Wasser zersetzt. Die Ausbeute an reiner Säure betrug 0,34 g; die Darstellung ist mit beträchtlichen Verlusten verbunden, da es sehr schwierig ist, das Silbersalz völlig auszufällen — es ist in sehr verdünntem Ammoniak erheblich löslich, ebenso in sehr verdünnter Salpetersäure, und scheint auch in Wasser nicht ganz unlöslich zu sein. In den verschiedenen Mutterlaugen bleibt auch immer etwas Säure gelöst und kann wegen Anwesenheit amorpher Verunreinigungen nicht daraus gewonnen werden.

Die Analyse der Säure ergab folgende Werthe:

1. 0,1193 g Substanz (im Exsiccator getrocknet) gaben bei der Verbrennung 0,0918 g CO_2 = 0,02504 g C = 20,99 % C, und 0,0434 g H_2O = 0,00482 g H = 4,04 % H.

2. 0,1196 g Substanz (im Exsiccator getrocknet) wurden in verdünnter salpetersaurer Lösung mit Silbernitrat versetzt (die Lösung blieb vollkommen klar), auf dem Wasserbade erhitzt, mit etwas rother Salpetersäure versetzt, das klar abgesetzte AgJ abfiltrirt, gewaschen, geglüht, gewogen, im trockenen Chlorstrom geglüht, gewogen. Erhalten wurden: 0,1121 g AgJ, daraus 0,0689 g AgCl (ber. 0,0685 g), aus dem Filtrate dann noch 0,0040 g AgJ, zusammen also 0,1161 g AgJ = 0,06274 g J = 52,46 % J. Leider ist die Abscheidung des Jodes als AgJ nicht vollständig, doch konnte ich wegen Mangels an Material die Analyse nicht wiederholen, ebensowenig den Stickstoff bestimmen.

Aus diesen Werthen berechnet sich die Formel $C_4H_8NJO_2$, die verlangt:

		Ber.	I.	II.
C_4	= 48	20,96	20,99	—,—
H_8	= 8	3,49	4,04	—,—
N	= 14	6,11	—,—	—,—
J	= 127	55,46	—,—	52,46
O_2	= 32	13,96	—,—	—,—
	229	99,98		

Die Formel $C_4H_8NJO_2$ ist die einer Amidojodbuttersäure; bis ihre Constitution sicher erkannt ist, will ich die Substanz einstweilen als Jodgorgosäure bezeichnen.

Somit wäre also der Beweis geliefert, dass in dem Gorgonin das Jod, wenigstens zum Theil, in organischer Verbindung enthalten ist, und die Jodgorgosäure ist die erste organische Jodverbindung, die aus thierischem Materiale isolirt worden ist. Eine andere Frage ist die, ob die Jodgorgosäure unmittelbar als solche, schon fertig gebildet, im Gorgonin enthalten ist, und diese möchte ich verneinen; ich halte es vielmehr für wahrscheinlich, um nicht zu sagen für gewiss, dass das Gorgonin ein jodhaltiges Keratin, ein jodirtes Albuminoïd ist, das unter der Einwirkung des Baryts eine jodirte Amidosäure als Spaltungsproduct liefert. Dabei kommt aber noch eine merkwürdige Thatsache in Betracht; während nämlich das Gorgonin mit Salzsäure gekocht freies Jod entweichen lässt, zeigt die Jodgorgo-

säure dieses Verhalten nicht; vielleicht entsteht ursprünglich aus dem Gorgonin eine Substanz, die der Jodoso- oder Jodobenzoësäure V. Meyer's [1]) analog zusammengesetzt ist. Zwar gibt V. Meyer über seine Säuren nur an, dass sie aus Jodkalium Jod abscheiden, und dass die Jodobenzoësäure mit Natronlauge gekocht jodsaures Natron liefert, allein es könnte wohl möglich sein, dass diese Säuren mit starker Salzsäure bei Gegenwart oxydabler organischer Substanzen gekocht ebenfalls freies Jod liefern, und ferner, dass sie mit Natronlauge und reducirenden organischen Stoffen gekocht ohne Abscheidung von Jodat zu Jodbenzoësäure reducirt werden. Danach könnte vielleicht das ursprüngliche jodhaltende Spaltungsproduct des Gorgonins eine Jodoso- oder Jodoamidobuttersäure sein: $C_4H_6(NH_2)(JO)O_2$; oder $C_4H_6(NH_2)(JO_2)O_2$; mit Versuchen in dieser Richtung bin ich noch beschäftigt, und will als Stütze für diese Annahme nur noch anführen, dass nach Sonstadt das Jod im Meerwasser als jodsaurer Kalk vorkommen soll.

Die beschriebenen Versuche und ebenso die von F. Hundeshagen ausgeführten lassen es sehr wünschenswerth erscheinen, auch andere jodhaltige Seethiere und ganz besonders die jodhaltigen Tangarten auf das Vorkommen jodirter organischer Verbindungen zu untersuchen. Ohne Zweifel wird man dabei zu sehr interessanten Resultaten gelangen, und es dürfte sich herausstellen, dass für manche Organismen das Jod ebenso nöthig ist, wie für andere das Chlor, dass deren Stoffwechsel nur bei Gegenwart von Jodverbindungen normal verläuft. Dieses Gedankens kann man sich nicht erwehren, wenn man bedenkt, dass z. B. die Gorgonia Cavolinii die im Meerwasser vorhandenen, nur mit äusserster Mühe überhaupt nachweisbaren Spuren Jod derartig ansammelt, dass ihr Achsenskelett fast 8 % der Trockensubstanz an Jod enthält. Bedenkt man ferner, dass die dieses Achsenskelett producirenden Polypen selbst nur sehr wenig Jod enthalten, so liegt nichts näher als der Gedanke, dass diese Thiere das Jod zur Herstellung ihres Achsenskeletts nothwendig brauchen. Und gegen diese Ansicht kann man auch nicht ein-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. 25 S. 2632.

wenden, dass ja andere Seethiere, die dem genannten ausserordentlich nahe stehen, ihr Achsenskelett ohne Jod produciren; dies beweist eben nur, dass die Stoffwechselvorgänge bei diesen andere sind als bei jenen, und dass die die Skelette beider bildenden Substanzen trotz aller Aehnlichkeit doch nicht identisch sind. Noch einer anderen Beobachtung möchte ich hier kurz erwähnen, die zeigt, dass die Untersuchung des Jodstoffwechsels [1]) bei Seethieren noch manches interessante Resultat verspricht: das Meerwasser, in welchem Amphioxus lanceolatus lebt, besitzt häufig einen deutlichen Geruch nach Jodoform, der den Herren an der Neapeler Station schon längst als »Jodgeruch« bekannt war. Ich habe viele Versuche angestellt, um dieses Jodoform auch anders als durch die Nase nachzuweisen, aber leider bisher ohne Erfolg; ich gedenke aber diese Versuche so bald als möglich in Neapel wieder aufzunehmen.

Im Anschlusse an vorstehende Untersuchungen mögen hier noch einige Versuche mitgetheilt werden, die Herr Dr. P. A. Levene aus New-York auf meine Veranlassung über

IV. Die Leibessubstanz der Gorgonia Cavolinii

angestellt hat. Leider standen ihm dazu nur getrocknete Exemplare zur Verfügung, so dass die Möglichkeit nicht ausgeschlossen erscheint, dass spätere, an frischen Exemplaren angestellte Versuche zu etwas abweichenden Resultaten führen werden. Der Hauptzweck der Versuche war, festzustellen, ob aus der Leibessubstanz der Polypen sich Lysin und Lysatin gewinnen lassen, und ausserdem, ob aus derselben durch Wasser oder Salzlösungen verschiedene Eiweisskörper ausgezogen werden können, die den bei höheren Thieren gefundenen entsprechen.

1) Für das Bestehen eines Jodstoffwechsels sprechen auch folgende beiden Beobachtungen über die Ausscheidung von freiem Jod. Golenkin (Bull. Soc. Impérial. Naturel. Moscou, 1894, Heft 2 S. 257) fand in der Alge Bonnemaisonia asparagoïdes von Posilippo bei Neapel eigenthümliche Zellen mit Vacuolen, die Jod im freien Zustande abscheiden, konnte indessen nicht ermitteln, ob das im Leben oder im Absterben geschieht. — C. Loman gibt an (Tijdschr. d. nederl. dierkund. Vereenig. [2.] I., 1885 bis 1887), dass ein javanischer Käfer aus der Familie der Paussiden, Cerapterus 4-maculatus Westwood, eine Flüssigkeit ausspritzt, die freies Jod enthält.

1. Die nur an der Luft getrocknete Polypensubstanz wurde möglichst fein gepulvert und dann mit destillirtem Wasser 24 Stunden unter öfterem Umschütteln stehen gelassen, hierauf filtrirt. Das Filtrat reagirte ganz schwach alkalisch und wurde durch Aufkochen nur schwach getrübt, stärker auf Zusatz von etwas Essigsäure. Durch Salpetersäure entstand ebenfalls ein geringer Niederschlag, der beim Kochen nicht verschwand. Wurde das Filtrat neutralisirt und dann mit schwefelsaurer Magnesia gesättigt, so entstand ein Niederschlag, der die Millon'sche und die Biuret-Reaction gab.

Die mit Wasser erschöpfte Polypensubstanz wurde nun mit 10% Kochsalzlösung übergossen und stehen gelassen; das Filtrat konnte hier nicht vollkommen klar erhalten werden. Mit etwas Natronlauge versetzt und gekocht, gab es einen geringen weissen Niederschlag, der weder die Biuret-, noch Millon's Reaction gab und vermuthlich unorganischer Natur war. Für sich gekocht, wurde das obige Filtrat opalescent und blieb auch so auf Zusatz von wenig Essigsäure, während es durch mehr Säure klar wurde.

Der in 10% NaCl-Lösung ungelöst gebliebene Rest wurde nun mit Wasser ein paar Mal decanthirt und dann in zwei Theile getheilt, von denen der eine mit concentrirter Kochsalzlösung, der andere dagegen mit 0,1% Natronlauge ausgezogen wurde. Erstere nahm keine eiweissartigen Substanzen auf, die alkalische Lösung dagegen liess beim Kochen mit ein wenig Essigsäure einen phosphorhaltigen Niederschlag entstehen, der die Biuret- und die Millon'sche Reaction gab. Durch Ferrocyankalium und Essigsäure wurde die Lösung getrübt, ebenso durch Salpetersäure; letztere Trübung wurde beim Kochen etwas geringer; übrigens genügt schon einfache Neutralisation der alkalischen Lösung, um einen Niederschlag zu erhalten.

Die mit 0,1% Natronlauge behandelte Substanz wurde nun mit Wasser bis zur neutralen Reaction ausgewaschen und allmählich mit verdünnter Salzsäure bis zur saueren Reaction auf Lackmus (aber nicht auf Congo) versetzt: die erhaltene Lösung enthielt kein Eiweiss.

Hierauf wurde Salzsäure bis zur Reaction auf Congo zugegeben und dann filtrirt; dieses Filtrat gab die Biuretreaction.

ferner einen geringen Niederschlag mit Ferrocyankalium, und einen stärkeren mit Phosphorwolframsäure, der, mit Millon's Reagenz gekocht, deutlich roth gefärbt wurde.

Bei allen diesen Extractionen wurde immer nur sehr wenig Substanz gelöst (ausgenommen durch Salzsäure, welche die anorganischen Salze löste), während der allergrösste Theil ungelöst zurückblieb; dieser wurde dann für die Versuche zur Darstellung von Lysin und Lysatin benutzt (s. u.).

2. Eine andere Portion der trockenen Polypenmasse wurde fein zerrieben und mit Alkohol ausgezogen, bis aller Farbstoff entfernt war; der weisse Rückstand wurde getrocknet und mit verdünnter Salzsäure bis zur Reaction auf Congo versetzt, um die Salze auszuziehen, wobei viel Kohlensäure entwich. Der unlösliche Rückstand wurde sodann mit Wasser chlorfrei gewaschen und an der Luft getrocknet — er enthielt 5,75% Wasser und 1,50 % Asche. Letztere wurde qualitativ untersucht und dabei namentlich auf die Gegenwart von Jod und Chlor geprüft, aber mit negativem Resultate (die Asche des Gorgonins enthält dagegen J); gefunden wurden Kieselsäure, Phosphorsäure, Eisenoxyd, Kalk (auf Schwefelsäure und Magnesia, sowie auf Alkalien war nicht geprüft worden).

Die mit Alkohol und Salzsäure erschöpfte Substanz gab folgende Eiweissreactionen sehr schön: die von Millon und von Adamkiewicz, ferner die Xanthoproteïnreaction, die Biuretreaction, sowie Bräunung beim Kochen mit alkalischer Bleilösung. In 1%iger Natronlauge war sie unlöslich, in etwas stärkerer nur zum Theile, und der gelöste Antheil gab unzweideutige Reactionen auf Eiweisskörper. Auch in verdünnter Salzsäure löste sich nur ein Theil der Substanz auf. Concentrirte Salzsäure bewirkte dagegen bei gewöhnlicher Temperatur nach und nach fast völlige Lösung zu einer schön violetten Flüssigkeit (der hierbei ungelöst gebliebene, sehr geringe Rest — auf Asbest abfiltrirt — enthielt Phosphor). Diese gibt beim Verdünnen mit Wasser einen schwachen Niederschlag, der sich bei weiterem Zusatz von Wasser bis auf einen geringen Rest wieder auflöst. Das Filtrat von diesem enthält einen syntoninähnlichen Körper, der durch Neutralisation

gefällt wird und sich nach dem Trocknen leicht in 1% Natronlauge, wenig in 0,27% Salzsäure, und gar nicht in 10% Kochsalz- oder 5% Salpeterlösung löst. In dem Filtrate vom Neutralisationspräcipitate wurden noch zwei andere Eiweissstoffe nachgewiesen, von denen wenigstens der eine eine Albumose zu sein scheint, insofern als er in Wasser löslich ist, und diese Lösung mit Salpetersäure einen beim Erhitzen verschwindenden Niederschlag gibt, sowie durch Alkohol oder durch Sättigen mit Ammoniumsulfat gefällt wird.

3. Von dem oben erwähnten, mit Alkalien und Säuren ausgezogenen Rückstande waren einige wenige Gramm gewonnen worden, und dieses Material wurde benutzt, um zu untersuchen, ob es bei der Zersetzung durch Salzsäure Lysin und Lysatin liefern könnte. Zunächst wurde es mit rauchender Salzsäure übergossen, 48 Stunden lang in einem verschlossenen Cylinder bei Zimmertemperatur stehen gelassen, wobei es sich so gut wie völlig auflöste; die Lösung wurde sodann im Vacuum[1]) über Aetzkalk gebracht, bis ein Theil der Salzsäure weggegangen war, dann mit ca. 1/8 Vol. Wasser verdünnt und in zugeschmolzenen Röhren 7 Stunden lang auf 130—135° erhitzt. Hierauf wurde zu der wieder stark verdünnten Flüssigkeit etwas Zinnchlorür hinzugefügt und Schwefelwasserstoffgas eingeleitet, bis alles Zinn ausgefällt war, filtrirt, das helle Filtrat unter Erwärmen durch einen Kohlensäurestrom vom Schwefelwasserstoff befreit und endlich auf ca. 100 ccm eingedampft. Jetzt wurden die Basen mit Phosphorwolframsäure gefällt, und der erhaltene Niederschlag in derselben Weise weiter behandelt, wie oben beim Gorgonin (S. 92 u. 95) mitgetheilt worden ist. Erhalten wurde a) ein krystallisirtes Silberdoppelnitrat, dessen Menge jedoch für eine Analyse nicht ausreichte, das aber das Aussehen des Lysatinsilbernitrates hatte, und b) ein saures Barytsalz von den Eigenschaften des sauren lysursauren Baryts. Auch hier war die erhaltene Menge nur sehr klein, trotzdem wurde eine Barytbestimmung durch Glühen des entwässerten Salzes vorgenommen: 0,0480 g desselben hinterliessen 0,0062 g $BaCO_3$ = 0,004312 g Ba = 8,97% Ba,

1) Man darf nicht zu weit auspumpen, damit die Masse nicht schäumt.

während das wasserfreie, saure, lysursaure Baryt 8,83% Ba enthält. Somit ist das Vorhandensein des Lysins unter den Zersetzungsproducten der Polypenmasse sicher erwiesen, und das des Lysatins wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht, gleichzeitig erhält aber auch die Ansicht, dass Lysin und Lysatin ebenso constante und wichtige Spaltungsproducte der Eiweisskörper (im weitesten Sinne) sind, wie Leucin und Tyrosin, eine neue Stütze.

Die wichtigsten Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen:

1. Die lebensfrische Leber des Delphins enthält, ebenso wie die des Pferdes, Jecorin und Cystin, daneben einen Xanthinkörper und Glykogen.
2. Das Cystin ist ein Product des **normalen** Stoffwechsels.
3. Die Substanz des hornigen Achsenskeletts von Gorgonia Cavolinii, das Gorgonin, enthält Jod in organischer Bindung.
4. Das Gorgonin liefert bei der Zersetzung durch Baryt eine jodirte Amidosäure, die Jodgorgosäure, die schön krystallisirt und die Zusammensetzung einer Monojodamidobuttersäure hat.
5. Die Leibessubstanz der Gorgonia enthält kein Jod oder höchstens Spuren davon; sie ist eiweissartiger Natur und liefert bei der Spaltung mit Salzsäure Lysin und vermuthlich Lysatin.
6. Das Gorgonin ist ebenfalls eine Eiweisssubstanz und zwar eine **jodirte**; es liefert bei der Spaltung mit Salzsäure Leucin, Tyrosin, Lysin, Lysatin (?), Jodgorgosäure und Ammoniak.
7. Die Gorgonia Cavolinii hat einen eigenen Jodstoffwechsel, dessen sie zur Erzeugung der Substanz ihres Achsenskeletts bedarf.

Drei Versuche über den Einfluss der Muskelarbeit auf die Eiweisszersetzung.

Von

Otto Krummacher.

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

I. Wie ändert sich die Zersetzung des Eiweisses im Körper bei der Muskelarbeit?[1])

a) Besprechung der Literatur.

Da vielfach irrthümliche Meinungen über die älteren Versuche bestehen, welche sich mit den Zersetzungsvorgängen im Organismus während der Muskelarbeit beschäftigten, will ich ganz kurz die Ergebnisse dieser Untersuchungen und die daraus von den Autoren gezogenen Schlussfolgerungen meinen eigenen Versuchen vorausschicken.

Man hört z. B. häufig Aeusserungen wie diese: C. Voit hätte keine Vermehrung der Stickstoffausscheidung bei der Arbeit gefunden und nähme danach an, ausschliesslich die stickstofffreien Stoffe lieferten die Kraft für die Arbeit.

Die vor dem Jahre 1860 angestellten Versuche übergehe ich, da sie nicht den Anforderungen genügen, welche man heutzutage an Stoffwechsel-Untersuchungen stellen muss.

Erst im Jahre 1860 hat C. Voit[2]) den Eiweisszerfall während der Muskelarbeit nach den von ihm begründeten Methoden in

1) Eine Besprechung des vorliegenden Themas findet sich in der Abhandlung von E. Voit: Ueber den Einfluss der Muskelarbeit auf die Eiweisszersetzung. Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol. in München, 1890, Bd. 6, H. 1, S. 36; sowie auch in der Zeitschr. f. Biol. 1895, Bd. 32 S. 139

2) Siehe die ältere Literatur und die Zusammenstellung der Versuche in Hermann's Handbuch Bd. 6, Theil 1, S. 189 ff.

exacterer Weise geprüft und zwar zunächst am Hunde bei Zufuhr von reinem Muskelfleisch und am Hunger.

Ein magerer junger Hund von 33 kg Gewicht hatte sich bei Zufuhr von 1500 g reinem Fleisch, entsprechend 332 g Eiweiss, nahezu in das Stickstoffgleichgewicht gesetzt. Derselbe zersetzte dabei folgende Mengen von Eiweiss in Gramm:[1])

Ruhe	316,3		
»	323,8		
»	318,7	320,2	
»	321,7		
»	320,4		
Arbeit	329,2		
»	349,9	341,6	
»	345,7		338,7
Ruhe	316,3		320,3
»	320,8	320,8	+ 18,4 = 6 %
»	325,3		
Arbeit	324,9		
»	336,1	335,9	
»	337,7		
Ruhe	328,9		
»	319,0	320,0	
»	320,3		

In Mittel wurden demnach in der Ruhe 320 und während der Arbeit 338 g Eiweiss zersetzt, also bei letzterer ein Ueberschuss von 18 g Eiweiss = 6 % der Gesammt-Eiweisszersetzung erhalten.

Diese immerhin deutliche Steigerung der Stickstoffausscheidung bei der Arbeit war jedoch lange nicht so gross, als man sie nach der damals herrschenden, namentlich von Liebig vertretenen Ansicht, nach welcher allein das stickstoffhaltige Eiweiss die Kraft für die Muskelarbeit liefern sollte, erwarten musste.

Zog man ausserdem in Erwägung, dass Lavoisier bei dem arbeitenden Menschen eine Steigerung der Sauerstoff-Aufnahme

1) N-Gehalt des Harns mal 6,25 = Eiweiss; da es sich hier nicht um die absolute Menge des zersetzten Eiweisses handelt, sondern nur um die Vergleichung bei Ruhe und Arbeit, habe ich den Stickstoffgehalt des Kothes unberücksichtigt gelassen.

um das 2,4 fache gefunden hatte, so musste man später zu der Ueberzeugung kommen, dass im Wesentlichen andere Stoffe als das Eiweiss an der Mehrzersetzung bei der Arbeit betheiligt sind.

Voit stellte ferner zwei Versuche an dem gleichen Hunde bei Hunger an. War beim ersten Versuche die Muskelarbeit wirklich die Ursache für die Stickstoffvermehrung in dem Harn, dann musste sich bei der gleichen Arbeit auch beim Hunger die gleiche absolute Stickstoffsteigerung finden, die relative Steigerung aber musste grösser ausfallen als bei der Fütterung mit Fleisch. Das Ergebniss entsprach aber den Erwartungen keineswegs.

Es wurde an Eiweiss zersetzt:

1.	Ruhe	43,1	
	Arbeit	42,0	48,5
	Ruhe	41,7	41,7
	Arbeit	55,0	+ 6,8 = 16 %
	Ruhe	40,2	
2.	(Ruhe	40,4)	
	»	33,7	
	»	29,7	
	Arbeit	35,6	36,5
	»	35,5	31,5
	»	36,9	+ 5,0 = 16 %
	Ruhe	33,0	
	»	31,4	
	»	31,0	

es wurden im Mittel der beiden Hungerversuche während der Arbeit nur 6 g Eiweiss mehr zersetzt als in der Ruhe = 16 %.

Es ist von Bedeutung, dass am zweiten Arbeitstage der ersten Hungerreihe die Steigerung der Eiweisszersetzung grösser ist als am ersten Arbeitstage, offenbar weil das Thier am zweiten Arbeitstage ärmer an Fett geworden war.

Die mittlere Steigerung des Eiweisszerfalls war hier also bei der gleichen Arbeit absolut viel geringer als bei Fütterung mit Fleisch; die Steigerung steht demnach in keinem Verhältnis zur geleisteten Arbeit.

Daraus schloss Voit, dass die Muskelarbeit nicht die directe Ursache für die Mehrzersetzung des Eiweisses sein könne.

Er machte dann weiter zwei Versuche an einem älteren fettreichen hungernden Hunde bei Ruhe und bei starker Anstrengung durch achtstündiges Laufen.

Es wurden hier an Eiweiss zersetzt bei:

1. (Ruhe	45,8)	47,3		
»	45,8	43,2		
Arbeit	47,3	+ 4,1 g = 9 %		+ 2,6 g = 6 %
Ruhe	40,7			
2. Ruhe	33,8			
»	33,8	35,2		
Arbeit	32,7	34,0		
Ruhe	36,5	+ 1,2 g = + 3 %		
»	34,4			

Das ältere fette Thier zeigte also beim Hunger in Folge der Arbeit eine geringere Zunahme der Eiweisszersetzung (im Mittel 3 g = 6 %) als das junge fettärmere Thier.[1])

Später haben Pettenkofer und Voit ähnliche Untersuchungen am Menschen (einem wohlgenährten Arbeiter von 70 kg Gewicht) ausgeführt, sowohl bei mittlerer Kost, als auch beim Hunger.

Sie fanden bei mittlerer Kost (mit 137 g Eiweiss, 72 g Fett und 352 g Kohlehydrat), wobei der Körper sich nahezu im Stickstoffgleichgewicht befand, einen Eiweisszerfall von[2]):

1. 31. Juli:	Ruhe	108,5	— 0,6		
3. August:	Arbeit	107,9			
2. 18. December:	Ruhe	102,0			+ 1,9 = 2 %
27. »	»	108,5	+ 3,1		
29. »	Arbeit	108,8			

Dies ergibt im Mittel in der Ruhe eine Eiweisszersetzung von 106 g, bei der Arbeit von 108 g. Dabei ist allerdings zu

1) Bei der ersten Reihe geschah die Stickstoffbestimmung im Harn durch Verbrennen mit Natronkalk.

2) Stickstoffgehalt des Harns × 6,25 = Eiweiss. Der Kothstickstoff wurde wiederum nicht berücksichtigt, da es sich hier nur um Vergleichswerthe bei Ruhe und Arbeit handelt. An den Arbeitstagen am 3. August sowie am 29. December wurde der Stickstoff im Harn mit Natronkalk bestimmt; ebenso am Arbeitstage (den 22. December) beim Hunger.

bemerken, dass der Arbeitstag nicht direct auf einen Ruhetag folgt, sondern dass zwischen beiden ein Zeitraum von je 1 Tage liegt.

Beim hungernden Menschen konnte überhaupt keine Stickstoffvermehrung in den Ausscheidungen bei der Arbeit festgestellt werden. Jedoch ist auch hier zu erwähnen, dass der Arbeitstag nicht direct auf den Ruhetag fällt. Es wurde dabei ein Eiweisszerfall gefunden:

11. December:	Ruhe	12,51 N	= 78,2	Eiweiss
14. »	»	12,27 N	= 76,7	»
22. »	Arbeit	12,26 N	= 76,6	»

Bei diesen Versuchen am Menschen haben Pettenkofer und Voit zum ersten Male die wichtige Thatsache constatirt, dass bei der Arbeit die Eiweisszersetzung sich nur wenig ändert, die Zersetzung der N-freien Stoffe (des Fettes) aber ungemein gesteigert ist, und zwar durch die vermehrte Kohlensäureausscheidung und Sauerstoff-Aufnahme. Die Resultate Lavoisier's konnten durch einen gesteigerten Zerfall von Eiweiss ebensogut hervorgerufen sein, wie durch einen gesteigerten Zerfall von Fett.

Die erwähnten Versuche am fetten Hund und am Menschen legten es nahe, dass die Menge der zerstörbaren stickstofffreien Stoffe im Körper dafür entscheidend ist, ob bei Muskelarbeit eine Stickstoffvermehrung in den Ausscheidungen eintritt oder nicht. Ein solcher stickstofffreier Stoff war beim Hunde das Körperfett. Beim Menschen kamen beim ersten Versuche mit Nahrungszufuhr die Kohlehydrate und das Fett der Nahrung, beim zweiten Versuche (Hunger) ebenfalls das Körperfett und das im Körper abgelagerte Glykogen in Betracht. Der menschliche Organismus enthält für gewöhnlich verhältnismässig viel Fett; E. Bischoff fand bei einem jungen, kräftigen Arbeiter 18% des Körpergewichtes Fett; es fällt daher bei dem Menschen die Steigerung des Eiweisszerfalls durch die Arbeit zumeist geringer aus als bei dem mageren Hunde.

C. Voit hat daher aus seinen Versuchen den Schluss gezogen, dass die Muskelarbeit nicht direct den grösseren Eiweisszerfall hervorruft, sondern die gesteigerte Verbrennung der stickstoff-

freien Stoffe indirect die Zersetzung des Eiweisses erhöht. Es geht dies aus der Rolle, welche die stickstofffreien Stoffe bei der Eiweisszersetzung spielen, mit Nothwendigkeit hervor, denn es ist bekannt, dass die Fette und Kohlehydrate einen Theil des Eiweisses vor der Zerstörung schützen. Ein fetter Organismus verbraucht weniger Eiweiss wie ein magerer. Lässt man, wie Lusk[1]) es gethan hat, die Kohlehydrate aus der Kost eines Menschen weg, dann werden um 26—45 g Eiweiss mehr zersetzt als bei Zufuhr desselben. Das Gleiche ist der Fall, wenn bei Diabetes der Zucker nicht verbrannt, sondern im Harn entfernt wird; es ist in Folge dessen die Eiweisszersetzung grösser wie bei einem Gesunden bei der gleichen Nahrung. Hierher gehört wohl auch der erhöhte Eiweissverbrauch an den späteren Hungertagen, bei der Dyspnoe, bei der Einwirkung höherer Temperatur und zum Theil auch bei dem Fieber, in welchen Fällen eine erhöhte Zersetzung stickstofffreier Stoffe stattfindet. So ist es auch bei der Arbeitsleistung; es muss dabei nothwendiger Weise mehr Eiweiss in den Zerfall gezogen werden, in Folge der erhöhten Verbrennung von Fett und Kohlehydraten des Körpers oder der Nahrung.[2])

Der grössere Verbrauch der stickstofffreien Stoffe bei der Arbeit erhöht den Eiweissumsatz indirect in folgenden Fällen. Zunächst beim Hungern eines nicht zu fettarmen Thieres, wobei den Zellen nur eine kleine Menge von zersetzlichem Eiweiss zufliesst und daher das Fett stark angegriffen wird. Ferner wird bei Stickstoffgleichgewicht des ruhenden Körpers mit einer grösseren Menge von reinem Fleisch bei der Arbeit das Fett angenagt, da den Zellen nicht mehr zersetzliches Eiweiss zur Verfügung steht. Wenn bei Aufnahme von viel Fleisch sich der Körper auf seinen stofflichen Bestande erhält und nun Fett zugegeben wird, so geräth, wie Pettenkofer u. Voit durch Versuche gezeigt haben, in der Ruhe das leichter zersetzbare Eiweiss in Zerfall

1) Zeitschr. f Biol. 1890 Bd. 27 S. 459.

2) C. Voit, Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, 1860, S. 188; Zeitschr. f. Biol. 1870, Bd. 6 S. 336; 1878, Bd. 14 S. 143; Handbuch der Physiol. 1881, S. 198.

und das Fett wird angesetzt; bei der Arbeit wird das Fett verbrannt. Wird wenig Fleisch gereicht mit viel Fett, dann wird in der Ruhe Fett oxydirt, da das zersetzliche Eiweiss nur in geringer Menge vorhanden ist; bei der Arbeit wird dann mehr Fett verbrannt. Stets bedingt in diesen Fällen der Verbrauch der schützenden N-freien Stoffe einen etwas grösseren Eiweissumsatz. Es gibt allerdings einen Fall, wo eine directe Erhöhung des Eiweisszerfalles durch die Arbeit stattfindet, nämlich dann, wenn so viel reines Fleisch gegeben wird, dass in der Ruhe ein Ansatz von Eiweiss am Körper stattfindet; hier findet bei der Arbeit dieser Eiweissansatz nicht statt und es wird mehr Eiweiss zersetzt, weil der Zelle mehr zersetzliches Eiweiss zur Verfügung steht. Ein solcher Fall wäre auch möglich, wenn im Thierkörper nur ganz geringe Mengen von Fett sich befinden und dennoch Arbeit geleistet werden könnte.[1]) (Siehe hierüber: E. Voit, a. a. O S. 141, C. Voit, Handbuch, S. 199 Z. 3.)

Ich unterlasse es, die späteren Arbeiten über den vorliegenden Gegenstand anzuführen und zu besprechen; die Literatur bis zum Jahre 1880 findet sich von der Hand C. Voit's in Hermann's Handb. Bd. 6 T. I S. 189 verzeichnet. Nur einige neuere Untersuchungen möchte ich noch erwähnen. P. Argutinsky[2]), welcher im Bonner Laboratorium an sich selbst experimentirte, fand bei Muskelarbeit am Arbeitstage eine Stickstoffsteigerung in den Ausscheidungen von 1,4 bis 3,3 g = 12

1) J. Munk (Arch. f. d. ges. Physiol. 1894, Bd. 58 S. 380) hat in seiner Abhandlung, in der er sich der Ansicht von der Bedeutung der stickstofffreien Stoffe auf den Eiweisszerfall bei der Arbeit anschliesst, bemerkt: »Zuerst ist diese richtige Deutung für die Hohenheimer Pferdeversuche von J. Forster gegeben worden.« Diese Angabe ist nicht richtig, denn C. Voit hat, sowie er jene Erklärung, auf seine Versuche gestützt, überhaupt zuerst ausgesprochen hat, dieselbe auch für die Deutung der Hohenheimer Versuche zuerst verwendet. J. Forster, bekanntlich ein Schüler von Voit, veröffentlichte seinen am 1. August 1878 gehaltenen Vortrag in der Deutschen Zeitschrift für Thiermedicin und vergleichende Pathologie, 1878, Bd. 4 S. 302 (ausgegeben am 15. November 1878); C. Voit äusserte sich über die Hohenheimer Pferdeversuche in dem erwähnten Sinne in der Zeitschrift für Biologie, 1878, Bd. 14 S. 143 (ausgegeben im April 1878).

2) Pflüger's Archiv 1890 Bd. 46 S. 552.

bis 15 %, welche jedesmal 3 Tage anhielt. Im Ganzen wurden in Folge der Arbeit 4 bis 10 g Stickstoff mehr ausgeschieden, am wenigsten bei Zusatz von 100 g Rohrzucker zur gewöhnlichen Kost; also erheblich mehr wie bei den Versuchen von Voit am Menschen. Dieses Ergebnis ist aber keineswegs auffällig, weil, wie schon J. Munk[1]) gezeigt hat, die stickstoffhaltigen und wohl auch die N-freien Substanzen nicht in ausreichender Menge in der Nahrung vorhanden waren; denn der Calorienwerth der Nahrung betrug nur $^2/_3$ bis $^4/_5$ des für das Körpergewicht nothwendigen. Dieselben Einwände sind gegen eine etwas später in demselben Laboratorium von mir[2]) ausgeführte Arbeit zu erheben. Es betrug dabei der Calorienwerth der täglichen Nahrung bei einem Körpergewicht von im Mittel 67 kg (mit Kleidern) nur 1760 (26 auf 1 kg Gewicht), während bei ausreichender Nahrung 34—35 Calorien für 1 kg Körpergewicht gerechnet werden. Auch hier währte die Wirkung der Arbeit auf den Eiweissumsatz drei bis vier Tage an; es wurden im Ganzen in Folge der Arbeit 4—6 g Stickstoff mehr ausgeschieden.

Andere Resultate erhielt F. Hirschfeld[3]); er konnte an sich selbst in drei Versuchsreihen bei reichlicher Eiweisskost und bei eiweissarmer Nahrung keine Vermehrung der Stickstoffausscheidung im Harn in Folge der Arbeit beobachten; die Zunahme des Eiweisszerfalles bei Argutinsky und Krummacher führt er, wie Munk, auf ungenügende Ernährung zurück.

Die bis jetzt nur in einem vorläufigen Abriss mitgetheilten Versuchsergebnisse von Pflüger[4]) stehen nicht in Widerspruch mit den früher ermittelten Thatsachen; nur die Deutung derselben ist eine andere.

Ich erwähne hier nur die von Pflüger nach seinem vorläufigen Abriss gefundenen Thatsachen, mit Weglassung der Erklärung derselben. Er benutzte zu seinen Versuchen einen Hund von 30 kg Gewicht, von der denkbar grössten Magerkeit. Bei

1) Du Bois-Reymond's Archiv 1890 S. 557.
2) Pflüger's Archiv 1890 Bd. 47 S. 454.
3) F. Hirschfeld, Virch. Arch. 1890 Bd. 121 S. 501.
4) Pflüger's Archiv 1891 Bd. 50 S. 98.

Ernährung des Hundes mit ausgesuchtem Fleisch steigert sich bei der Arbeit der Stickstoffumsatz, die Steigerung ist aber viel kleiner, als nach der Grösse der Arbeit vorausgesetzt werden sollte und sie deckt nur $^1/_5$ bis höchstens $^1/_2$ der zur Arbeit nöthigen Eiweissmenge; an mehreren Tagen bot das Thier besonders in den späteren Monaten gar keine Steigerung des Stickstoffumsatzes dar. Gab er zum Eiweiss Fett erst bei Beginn der Arbeitsperiode hinzu, dann trat eine geringe Steigerung des Eiweissumsatzes ein; reichte er schon bei der Ruhe die Fette und Kohlehydrate in grösstem Ueberschuss, so wuchs dennoch bei der Arbeit der Stickstoffumsatz. Auch bei geringer Eiweissmenge und möglichst viel N-freien Stoffen trat eine Steigerung des Stickstoffumsatzes bei der Arbeit ein. Keine dieser Thatsachen steht, wie man ersieht, im Gegensatz zu den von Voit angegebenen; man muss nur bei Beurtheilung der Resultate berücksichtigen, dass der Hund von Pflüger von denkbar grösster Magerkeit war, der zweite Hund von Voit und der von ihm untersuchte Mensch aber reichlich Fett abgelagert hatten. Das Hauptresultat ist bei Pflüger wie bei Voit die geringe Steigerung des Eiweissumsatzes bei der Arbeit.

Ich habe die hauptsächlichsten Resultate meiner im December 1891 und von Januar bis März 1892 angestellten Versuche in einer vorläufigen Mittheilung in der Sitzung der hiesigen morph. phys. Gesellschaft vom 28. November 1893 vorgetragen[1]).

In jüngster Zeit endlich konnte Zuntz[2]), in Gemeinschaft mit Frentzel und Loeb, durch Experimente am Hund den Satz bestätigen, dass, wenn die stickstofffreien Stoffe in reichlicher Menge vorhanden sind, bei der Muskelarbeit nur eine geringe Stickstoffvermehrung in den Ausscheidungen sich findet. Es erhielt dabei ein Hund von 22 kg täglich die gleiche, sehr reichliche Nahrung, bestehend aus Reis, Milch und Fleisch mit 17,52 g Stickstoff, entsprechend einer Calorienmenge von 77 pro Kilo Körpergewicht. Während der Ruheperiode setzte der Hund

1) Sitzungsber. d. Ges. f. Morph. u. Physiol. 1893 H. 3 S. 114.
2) Du Bois-Reymond's Archiv 1894 S. 541.

täglich im Mittel 3,35 g Stickstoff an; in der Arbeitsperiode aber nur 2,79 g Stickstoff im Mittel. Also wurde während des Arbeitstages nur 0,56 g Stickstoff mehr ausgeschieden.

Ein zweiter Versuch am hungernden Hunde ergab in einem Fall eine Steigerung der Stickstoffausscheidung von 6,0 g in der Ruhe auf 6,6 g bei der Arbeit; in einem anderen Fall von 3,7 g auf 5,0 bis 5,6 g.

Endlich haben Zuntz und Schumberg[1]) an zwei Männern, welche bei gleicher Kost mit Gepäck marschirten, eine geringe Steigerung der Stickstoffausscheidung im Harn und Schweiss gegenüber der Ruhe beobachtet, aber die Steigerung ging nicht parallel der Schwere der Belastung, denn bei schwererem Gepäck und günstiger Temperatur war sie geringer als bei leichterem Gepäck und starker Hitze; sie leiten daher den gesteigerten Eiweisszerfall bei der Arbeit von Nebenumständen ab.

b) Eigene Versuche.

Ich habe, vor allem zur Prüfung der Frage, ob das zersetzte Eiweiss zur Hervorbringung der geleisteten Arbeit ausreicht oder auch die stickstofffreien Stoffe dazu herangezogen werden müssen, am Menschen 3 Versuche angestellt und zwar einen an meiner Person, die beiden anderen an einem sehr kräftigen Dienstmann.

Was zunächst die Nahrung anbetrifft, so war sie an allen Tagen einer Versuchsreihe qualitativ wie quantitativ vollkommen gleich. Dass alle Nahrungsmittel auf ihren Stickstoffgehalt[2]) analysirt wurden, ist selbstverständlich. Aber es ist auch nothwendig, die Menge des eingeführten Fettes und der Kohlehydrate, wenigstens annähernd, zu kennen. Deshalb wurden auch beim Fleisch, bei der Milch und bei der Butter die Fettanalysen ausgeführt, im letzten Versuche auch beim Zwieback und beim Reis. Der Gehalt an Kohlehydraten wurde jedoch nach früheren im hiesigen physiologischen Institut ausgeführten oder zur Verwendung gekommenen Analysen berechnet, und

1) Zuntz u. Schumberg, Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie, 1895 S. 379.

2) Es wurde die Kjeldahl'sche Methode verwendet.

zwar wurde die trockene Substanz der Berechnung zu Grunde gelegt. Nur beim Bier wurde das Extract bestimmt und dieses als Kohlehydrat angesehen; zu diesem Zwecke wurde aus einer abgewogenen Menge Bier der Alkohol verjagt, mit Wasser auf das ursprüngliche Gewicht aufgefüllt und aus dem specifischen Gewicht dieser Flüssigkeit nach einer von Schultze-Ostermann angefertigten Tabelle die Extractmenge entnommen.

Der Harn wurde in allen Versuchen von 8 zu 8 Uhr Morgens gesammelt und analysirt. Der Stickstoffgehalt wurde nach der Schneider-Seegen'schen Methode bestimmt. Nur beim dritten Versuche erwies sich diese Methode als nicht anwendbar; es hätten nämlich bei der ausserordentlich grossen Harnmenge zur Erreichung genauer Resultate mehr als 5 ccm Harn zur Analyse verwendet werden müssen, was bei der Schneider-Seegen'schen Methode etwas misslich ist. Ich habe daher in diesem Falle wie beim Koth und bei den Nahrungsmitteln die Kjeldahl'sche Methode benutzt.

Der auf die Versuchsreihe treffende Koth, welcher zu Anfang und zu Ende einer Reihe durch Russ abgegrenzt worden war, wurde im Ganzen getrocknet und analysirt. Im dritten Versuche C habe ich auch die Ausnützung der Trockensubstanz und des Stickstoffes der Nahrung berechnet; der Verlust durch den Koth betrug dabei an Trockensubstanz 2,98 %, an Stickstoff 21 %.

Bei den beiden ersten Versuchen kann ich die Ausnützung nur annähernd angeben, da ich den Trockengehalt nicht bei allen Nahrungsmitteln bestimmt hatte. Im Versuch A war der Verlust durch den Koth an Trockensubstanz 3 %, an Stickstoff 9 %; im Versuch B an Trockensubstanz 3 % und an Stickstoff 12 %.

Die Arbeit bestand bei allen Versuchen in der Umdrehung der Kurbel eines Bremsdynamomoters, das in der hiesigen technischen Hochschule ausgeführt und geaicht worden war. Die Vorrichtung ist am Schlusse der Abhandlung abgebildet und beschrieben.

Versuch A.

(Von 27. Januar bis 3. Februar 1892.)

Körpergewicht 70 kg.

Die täglich eingeführten Nahrungsmengen waren:

1. 200 ccm Milch, vor Beginn des Versuchs aus einer für den ganzen Versuch reichenden Milchmenge abgemessen und im Dampfbade sterilisirt. Sie wurde mit Zwieback als Frühstück genommen.

2. 150 g Reis, der zur Hälfte Mittags mit dem Fleisch verzehrt wurde, zur Hälfte mit Butter angemacht, als Abendmahlzeit diente.

3. 200 g lufttrockener Zwieback; ausschliesslich aus Weizenmehl und Wasser gebacken.

4. 300 g mageres Ochsenfleisch. Dies wurde vor dem Versuche möglichst von Fett befreit, in kleine Stücke geschnitten, gemischt und in Gläsern zu je 300 g abgewogen und dann sterilisirt; ein anderer Theil der Masse wurde sogleich getrocknet und später zur Analyse verwendet.

5. 81 g Butter.

6. 20 g Milchzucker.

7. 15 g Perlzwiebeln.

8. 500 ccm Wein.

Die procentige Zusammensetzung der Nahrungsmittel war:

Zusammensetzung der Nahrung in %

	Stickstoff	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Trockensubstanz
Reis [1]	0,693	4,33	(0,51[2])	(77,84)	86,21
Fleisch	3,165	19,78	3,56	—	24,74
Zwieback [1]	1,735	10,84	(0,3 [2])	(78,23)	90,31
Milch	0,423	2,64	3,58	(4,0)	—
Wein	0,037	0,23	—	(0,4)	—
Butter	0,229[3])	1,43[3])	85,15	—	—
Perlzwiebeln	0,207	1,29	—	vernachlässigt	—

1) Nach König (Tabellen, 3. Aufl. S. 636)

Weizenzwieback	Reis
86,7 Trockensubstanz	86,5 Trockensubstanz
75,1 Stärke	78,1 Stärke.

Nach Wolf

2) Aus den König'schen Tabellen und früheren Analysen berechnet.

3) Aus dem Schmelzrückstand berechnet.

Darnach ist die in den Nahrungsmitteln eingeführte Menge der Nahrungsstoffe:

Menge der täglich eingeführten Nahrungsstoffe in Gramm			
	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate
150 Reis	1,039	0,77	116,8
300 Fleisch	9,500	10,68	—
200 Zwieback . . .	3,470	0,60	156,4
200 ccm Milch . . .	0,846	7,16	8,0
81 Butter	0,185	68,97	—
15 Perlzwiebeln . .	0,031	—	vernachlässigt
20 Milchzucker . .	—	—	20,0
500 ccm Wein . . .	0,182	—	2,0
Summa	15,253 = 95,33 Eiweiss = 396 Calor.	88,18 = 820 Calor.	303,2 = 1243 Calor.

Im Ganzen enthält demnach die tägliche Nahrung 2459 Calorien bei einem Körpergewicht von 70 kg (ohne Kleidung etwa 64 kg); pro Kilo Körpergewicht also 38,0 Calorien, was eine für den Hungerzustand eben ausreichende Menge ist.

Der Versuch währte 8 Tage, dabei wurde im Harn und Koth ausgeschieden:

Datum	Harnmenge	Spec. Gew.	Stickstoff im Harn	Stickstoff im Koth i. Mittel	Stickstoff im Harn u. Koth	Stickstoff im Harn u. Koth im Mittel	Stickstoff in der Nahrung	Körpergewicht in kg
27. Januar .	980	1031	14,55	1,386	15,94	16,55	15,25	69,700
28. » .	1170	1030	15,98	1,386	17,37	16,55	15,25	70,050
29. » .	1260	1026	15,08	1,386	16,47	16,55	15,25	70,250
30. » .	1620	1020	14,76	1,386	16,15	16,55	15,25	70,500
31.[1]) » .	1645	1020	16,36	1,386	17,75	18,31	15,25	70,200
1. Februar .	1545	1022	17,47	1,386	18,86	18,31	15,25	70,520
2. » .	2115	1017	15,35	1,386	16,74	16,55	15,25	70,590
3. » .	1755	1021	15,25	1,386	16,64	16,55	15,25	70,350

Am 5. Tage vollführte ich an dem erwähnten Dynamometer bei einer Belastung von 25 kg und einemAusschlag von 0,17 m. 4905 Umdrehungen = 153 070 Meterkilogramm = 359,59 grossen

1) = Arbeitstag.

Calorien. Ich arbeitete von 9_{27} Uhr Vormittags bis 12 Uhr Mittags, von 1—5 Uhr Nachmittags und von 7_{45} Uhr bis 10 Uhr Abends.

Der Körper befand sich mit 95,33 g Eiweiss der Nahrung nicht ganz im Gleichgewicht; es wurde noch etwas Stickstoff vom Körper abgegeben. Am Arbeitstage und am darauffolgenden Ruhetage wurde mehr N im Harn ausgeschieden. An den Ruhetagen wurden 103,4 Eiweiss = 16,55 Stickstoff zersetzt, am Arbeitstage und unter seinem Einflusse am nächsten Ruhetage 125,4 g Eiweiss = 20,06 Stickstoff. Die Steigerung der Stickstoffausscheidung in Folge der Arbeit betrug nämlich am Arbeitstage und am folgenden Ruhetage 3,52 g ($2 \times 1{,}76$), entsprechend einer Eiweissmenge ($N \times 6{,}25$) von 22 g = 23%.

Versuch B.

(Vom 23. Februar bis 1. März 1892.)

Körpergewicht 84 kg. — Der zweite Versuch, welcher die Zeit vom 23. Februar bis 1. März 1892 umfasste, wurde an einem sehr kräftigen Dienstmann angestellt, welcher im physiologischen Institut während der ganzen Versuchszeit ein Zimmer bewohnte.

Die Nahrung, die wiederum für alle Tage die gleiche war, bestand in 400 g Reis, 300 g Fleisch, 200 g Zwieback, 200 ccm Milch und 2 Liter = 1955,6 g Bier im Durchschnitt[1]).

Am zweiten Tage wurde leider etwas Milch während des Trinkens verschüttet; zum Ausgleich habe ich eine abgeschätzte Menge einer anderen Milch von unbekannter Zusammensetzung der bereits gemessenen hinzugefügt. Die Stickstoffzahl der Nahrung ist also am zweiten Tage nicht ganz genau ermittelt.

Am 5. Tage vollführte der Dienstmann bei einer Belastung von 40 kg und einem Ausschlage von 0,125 m 9205 Umdrehungen, entsprechend einer Arbeit von 324 540 Meterkilogramm = 762,7 grossen Calorien. Er arbeitete von Morgens 9—12 Uhr und Nachmittags von 2—7 Uhr mit geringen Unterbrechungen.

Die procentige Zusammensetzung der aufgenommenen Nahrungsmittel ist in folgender Tabelle verzeichnet.

1) Er erhielt 4 halbe Literflaschen, deren Inhalt zwischen 1920,7 und 1976,3 g schwankte. Für den Stickstoff in den 2 Liter Bier war die grösste Abweichung 1,577 und 1,532.

	Zusammensetzung der Nahrung in %				
	Stickstoff	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Trockensubstanz
Reis	0,95	5,94	(0,51[2])	(77,84[2])	86,24
Fleisch	3,30	20,62	1,87	—	23,49
Milch	0,54	3,37	3,22	(4,50)	—
Bier	0,08	0,50	—	6,64	—
Zwieback . . .	1,72	10,75	(0,30[2])	(78,62[2])	90,76
Butter	0,17[1])	1,06[1])	84,80	—	—

Darnach wurden im Tag von dem Manne an Eiweiss, Fett und Kohlehydraten eingenommen:

	Menge der täglich eingeführten Nahrungsstoffe in Gramm		
	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate
400 Reis	3,82	2,04	311,5
300 Fleisch	9,90	5,61	—
300 Zwieback	5,16	0,90	235,8
200 ccm Milch . . .	1,08	6,44	9,0
2000 ccm Bier	1,60	—	132,8
180 Butter	0,30	152,65	—
20 Rohrzucker . . .	—	—	20,0
Summa	21,86 = 136,6 Eiweiss = 568,4 Cal.	167,64 = 1559 Cal.	709,1 = 2907 Cal.

Im Ganzen enthält also die tägliche Nahrung 5034 Calorien. Das Körpergewicht war mit Kleidern 85 kg, ohne Kleider etwa 79 kg. Auf 1 kg Körpergewicht treffen demnach 63,7 Calorien, d. i. eine für den ruhenden Körper sehr beträchtliche Menge.

Die Versuchsreihe währte 8 Tage.

Im Harn und Koth wurden ausgeschieden:

(S. Tabelle auf S. 123.)

Der Körper befand sich an den Ruhetagen mit den 21,86 g N = 136,6 g Eiweiss der Nahrung nahezu im Gleichgewicht; es wurde noch etwas N am Körper, auch bei der Arbeit, angesetzt. An dem Arbeitstage und an den darauffolgenden zwei Ruhetagen wurde etwas mehr Stickstoff im Harn und Koth abgeschieden als bei der Ruhe.

1) Aus dem Schmelzrückstand berechnet.

2) Aus König's Tabellen und aus früheren Analysen berechnet.

Datum	Harnmenge	Spec. Gew.	N im Harn	N im Koth im Mittel	N im Harn und Koth	N i. Harn u. Koth i. Mittel	N in der Nahrung	Körpergewicht in kg
23. Februar	2970	1016,0	20,07	2,7	22,77	20,36	21,86	83,780
24. »	4245	1012,5	18,23	2,7	20,93	20,36	21,86	84,450
25. »	4210	1013,5	17,18	2,7	19,88	20,36	21,86	84,410
26. »	4580	1012,5	16,45	2,7	19,15	20,36	21,86	84,720
27.[1]) »	1748	1023,5	17,18	2,7	19,88	20,80	21,86	85,010
28. »	3620	1014,0	18,02	2,7	20,72	20,80	21,86	84,770
29. »	5350	1012,5	19,09	2,7	21,79	20,80	21,86	85,430
1. März	4405	1013,0	16,35	2,7	19,06	20,36	21,86	84,920

Es ergibt sich als Mittel der N-Ausscheidung im Harn und Koth bei der Ruhe (am 25. u. 26. Februar und 1. März) 19,36 g (= 121,0 g Eiweiss) und am Arbeitstage (am 27. mit dem Plus am 28. und 29. Febr.) 23,67 g (= 147,9 g Eiweiss); es wurde also in Folge der Arbeitsleistung im Ganzen 4,31 g Stickstoff mehr ausgeschieden als an denjenigen Tagen, deren Stickstoffmengen in den Ausgaben nicht durch die Arbeit beeinflusst war. Demnach wurden bei der Arbeit 26,9 g = 22 % Eiweiss mehr zersetzt.

Versuch C.

Bei diesem siebentägigen Versuche, welcher in die Zeit vom 5. bis 12. December 1892 fiel, erhielt der erwähnte Dienstmann wiederum alle Tage die gleiche Nahrung und zwar wurde diesmal ein grosser Ueberschuss von stickstofffreier Substanz mit wenig Eiweiss gereicht. Er erhielt nämlich:

700 g Reis, 300 g Zwieback, 200 g Butter, 2 l = 1932,4 g Bier im Mittel.[2])

Am 5. Tage wurde eine Arbeit von 401 965 Meterkilogramm (= 944,7 grosse Calorien) geleistet, bestehend in 9019facher Umdrehung der Kurbel bei einer Belastung von 40 kg und einem Ausschlage von 0,16 m. Gearbeitet wurde von 10 Uhr Morgens mit 7 bis 8 minutenlangen Unterbrechungen in der Stunde bis 12_{30} Uhr Mittags, von 1_{30} Uhr bis 4_{40} Uhr Nachmittags, endlich von 5_{15} Uhr bis 7_{20} Uhr Abends mit etwa ebensolangen Pausen.

1) = Arbeitstag.

2) Schwankend zwischen 1914,4 und 1960,4 g; die grössten Unterschiede im Stickstoff waren 1,648 und 1,685 g.

Die aufgenommenen Nahrungsmitteln hatten folgende procentige Zusammensetzung:

Zusammensetzung der Nahrung in %					
	Stickstoff	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Trockensubstanz
Reis	0,95	5,94	0,59	78,94[2])	87,43
Zwieback . . .	1,83	11,44	0,31	77,80[2])	89,82
Butter	0,21[1])	1,31[1])	85,03	—	86,34
Bier	0,086	0,54	—	5,83	6,37

Es wurden täglich an Nahrungsstoffen eingeführt:

Menge der täglich eingeführten Nahrungsstoffe in Gramm				
	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Trockensubstanz
700 Reis . .	6,66	4,13	(552,6)	612,0
300 Zwieb. .	5,48	0,92	(233,4)	269,5
200 Butter .	0,42	170,06	—	172,7
2000 ccm Bier	1,72	—	(116,6)	127,4
Summa	14,28 = 89,25 Eiweiss = 371,3 Cal.	175,11 = 1629 Cal.	902,6 = 3701 Cal.	1181,6

Im Ganzen enthält die tägliche Nahrung 5701 Calorien. Das Körpergewicht war mit Kleidern 85 kg, also ohne Kleider etwa 79 kg. Auf 1 kg Körpergewicht treffen demnach 72 Cal.

Die Ausscheidung im Harn und Koth ist in der folgenden Tabelle enthalten:

(Siehe Tabelle auf S. 125.)

Der Körper befand sich, trotz der geringen Zufuhr von Eiweiss (89 g), nahezu im Stickstoffgleichgewicht und zwar in der Ruhezeit und auch noch am Arbeitstage; es kam sogar noch eine kleine Menge von Eiweiss zum Ansatz. Es war dies möglich durch den ausserordentlich grossen Ueberschuss an N-freien Stoffen.

1) Aus dem Schmelzrückstand berechnet.

2) Nach König's Tabellen und früheren Analysen berechnet.

Datum	Harnmenge	Spec. Gew.	Stickstoff im Harn	Stickstoff im Koth	Stickstoff im Harn u. Koth	Stickstoff im Harn u. Koth im Mittel	Stickstoff in der Nahrg.	Körpergewicht in kg
5. Decemb.	3470	1012,5	12,26	3,008	15,27	—	14,28	83,120
6. »	4300	1011,5	11,44	3,008	14,45	—	14,28	83,720
7. »	3530	1014,5	10,35	3,008	13,36	13,46	14,28	84,400
8 »	3530	1012,5	10,32	3,008	13,33	13,46	14,28	85,150
9.[1]) »	3290	1018,0	11,04	3,008	14,05	14,05	14,28	85,360
10. »	3725	1015,0	10,69	3,008	13,70	13,46	14,28	85,150
11. »	5550	1011,5	10,46	3,008	13,47	13,46	14,28	85,970
12. »	—	—	—	—	—	—	—	85,350

Sieht man von den ersten beiden Tagen ab, an denen sich das N-Gleichgewicht noch nicht hergestellt hatte, und nimmt man, was nach den früheren Versuchen wahrscheinlich ist, an, dass auch die Stickstoffzahl des 10. December noch durch die vorausgehende Arbeit am 9. December beeinflusst ist, so erhält man als Mittelzahl für die Ruhetage (7., 8. u. 11. December) 13,39 g Stickstoff (= 83,7 Eiweiss) im Harn und Koth und als Zahl für den Arbeitstag 14,36 g (= 89,8 Eiweiss), also für den Arbeitstag ein Plus von 0,97 g Stickstoff = 6,1 g Eiweiss = 7 %.

Ich stelle die bei diesen drei Versuchen erhaltenen Zahlenwerthe nochmals übersichtlich zusammen:

In der Nahrung in g			Eiweiss zersetzt in g			Arbeit in Kilogrammmeter	W. E in der Nahrung auf 1 kg Körpergewicht
Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Ruhe	Arbeit	Plus bei der Arbeit		
95	88	303	103	125	21	153 070	38
137	168	709	121	148	27	324 540	64
89	175	903	84	90	6	401 965	72

Man ersieht, dass hier, wie früher bei den Versuchen von C. Voit am reichlich ernährten Menschen, eine geringe Steigerung der Eiweisszersetzung in Folge der Arbeit eintritt. Diese Steigerung ist um so geringer, je mehr stickstofffreie Stoffe im

1) Arbeitstag.

Verhältniss zum Eiweiss in der Nahrung zugeführt werden und sie steht in keiner directen Beziehung zu der geleisteten Arbeit.

Ich muss mich daher der vorher dargelegten Erklärung von C. Voit anschliessen, dass die Arbeit in der Regel nicht direct einen grösseren Eiweissumsatz hervorbringt, sondern dass das Plus im Eiweisszerfall bei der Arbeit von der gesteigerten Verbrennung der das Eiweiss schützenden stickstofffreien Stoffe herrührt. Gelänge es, während der ganzen Arbeitszeit in jedem Augenblicke gleichmässig und genügend die stickstofffreien Stoffe den Zellen zuzuführen, dann wäre wohl kein Plus mehr vorhanden. Dies ist aber schwierig zu erreichen, da die Zufuhr des Materials zu den Zellen je nach der Zeit nach der Nahrungsaufnahme verschieden ist und es bei grösserer Anstrengung in Folge der dadurch gesteigerten Zersetzung der stickstofffreien Stoffe Momente gibt, wo nicht mehr genügend stickstofffreies Material vorhanden ist.

Man beobachtet häufig eine Nachwirkung nach dem Arbeitstage und zwar noch nach zwei Tagen, so z. B. Argutinsky und ich früher am Menschen. Auch bei dem Hunde Voit's bei Fleischzufuhr nach der zweiten Arbeitsreihe und bei Hunger nach der zweiten Arbeitsreihe tritt dies hervor. In meinen jetzigen Versuchen findet diese Nachwirkung ebenfalls statt, nur im dritten Versuche, wo dem Dienstmann eine ganz enorm grosse Quantität von stickstofffreier Nahrung zugeführt wurde, ist sie kaum ersichtlich. Ich glaube daher, dass dieselbe nicht von einer nachträglichen Ausscheidung stickstoffhaltiger Zersetzungsproducte herrührt, sondern von der Abnahme der stickstofffreien Stoffe im Körper durch die Arbeit, welche erst nach und nach bei der Ruhe wieder zum Ansatz gelangen. Deshalb sieht man auch die Nachwirkung vor Allem dann, wenn die stickstofffreien Stoffe in zu geringer Menge gereicht werden.

II. Wie verhält sich die Energiemenge der geleisteten Arbeit zur Energiemenge des bei der Arbeit mehr zersetzten Eiweisses?

Wenn wir nunmehr die Energiemenge der geleisteten Arbeit mit der Energiemenge des mehr zersetzten Eiweisses vergleichen,

so finden wir bei Versuch A eine Arbeit von 153000 Kilogrammmetern = 360 Calorien, während die bei der Arbeit eingetretene Stickstoffsteigerung von 3,52 g (22 g Eiweiss) nur einer Calorienmenge[1]) von 91,5 Calorien gleichkommt. Das mehrzersetzte Eiweiss deckt also nur etwa den vierten Theil der gemessenen Arbeit.

Bei Versuch B entsprach die Arbeit 325000 Kilogrammmeter = 763 Calorien; am Arbeitstage und an den zweifolgenden Tagen wurden im Ganzen 4,31 g Stickstoff mehr ausgeschieden als im Mittel an den übrigen Tagen. Es wurden also bei der Arbeit 26,9 g Eiweiss (= 112,1 Calorien) mehr zersetzt als bei der Ruhe, wodurch nur 15 % der äusseren Arbeit erklärt werden können.

Bei Versuch C fanden wir eine Arbeit von 402000 Kilogrammmetern = 945 Calorien. Am Arbeitstage und dem darauf folgenden Tage wurden zusammen 0,97 g Stickstoff (= 6,1 g Eiweiss = 25,2 Calorien) mehr ausgeschieden als im Mittel an den übrigen Tagen. Um die der Arbeit entsprechende Calorienmenge zu decken, hätten 227 g Eiweiss mehr zersetzt werden müssen; das wirklich mehr in Zerfall Gerathene beträgt demnach nur 3 % des Erforderlichen.

Es reicht also in allen drei Versuchsreihen das bei der Arbeit mehr zersetzte Eiweiss nicht aus, um die Energiemenge der Arbeit zu decken, ja es besteht zwischen beiden Grössen überhaupt keine Proportionalität. Denn es beträgt bei Versuch A die aus dem Mehrzerfall des Eiweisses berechnete Calorienmenge 25 % der Energiemenge der Arbeit, bei B 15 % und bei C 3 %.

Dieses Missverhältniss zwischen Arbeit und mehrzersetztem Eiweiss hinsichtlich ihrer Energie haben übrigens alle früheren Versuche über die vorliegende Frage ergeben. Selbst die beträchtlichen Steigerungen der Eiweisszersetzung in der Unter-

1) Rubner, Zeitschr. f. Biol. Bd. 21 S. 333, setzt 1 g N vom zersetzten Muskel = 26,0 Calorien; 100 g trockener Muskel = 4000 Calorien. Ich habe für den Nahrung aufnehmenden Organismus nicht die Zahlen für das reine Eiweiss, sondern die für den Muskel meinen Berechnungen zu Grunde gelegt, da der Stickstoff der Nahrungsmittel nicht nur im Eiweiss, sondern zum Theil auch in anderen stickstoffhaltigen Stoffen enthalten ist.

suchung von Argutinsky[1]) können doch nur im günstigsten Falle die äussere Arbeit decken. Die geleistete Arbeit ist aber in Wirklichkeit grösser als die thatsächlich gemessene, da bei jeder körperlichen Anstrengung verstärkte Herz- und Athembewegungen stattfinden.

Die Calorienmenge des mehrzersetzten Eiweisses müsste aber auch noch grösser sein als die ganze im Organismus geleistete Arbeit, da nach allen Erfahrungen von der chemischen Spannkraft nur ein Bruchtheil in kinetische Energie umgesetzt werden kann.

III. Wie verhält sich die Energiemenge der geleisteten Arbeit zur Energiemenge des am Arbeitstage zersetzten Eiweisses?

Bei Versuch A beträgt die geleistete Arbeit 360 Calorien, die Stickstoffmenge in den Ausscheidungen am Arbeitstage beträgt 17,75 g = 110,9 Eiweiss = 461,5 Calorien.

Nimmt man, was uns nicht richtig zu sein scheint, an, dass das Plus des am nächstem Ruhetage ausgeschiedenen Stickstoffs noch von dem am Arbeitstage zersetzten Eiweiss herrührt, so sind am Arbeitstage 125,4 g Eiweiss zerstört worden = 20,06 Stickstoff = 521 Calorien.

Für die äussere Arbeit allein würde also die Spannkraft des am Arbeitstage zersetzten Eiweisses hier wohl hinreichen.

Wie aber schon vorher erwähnt, wird vom arbeitenden Organismus ausser der am Dynamometer messbaren noch eine bedeutende Arbeit im Inneren geleistet und ausserdem von der chemischen Spannkraft des Eiweisses wahrscheinlich nur ein Bruchtheil in Arbeit umgesetzt.

Bei Versuch B wurden am Arbeitstage 19,88 g Stickstoff ausgeschieden = 124,3 Eiweiss = 517 Calorien, während die Arbeit 763 Calorien forderte. Mit Zurechnung des an den folgenden Ruhetagen mehr zersetzten Eiweisses beträgt der Eiweisszerfall am Arbeitstage 147,9 g = 23,67 g Stickstoff = 615 Calorien. In Versuch C endlich wurden am Arbeitstage 14,05 g Stickstoff ausgeschieden = 87,8 Eiweiss = 365 Calorien; mit Zurechnung

1) a. a. O.

des an den folgenden Ruhetagen mehr zersetzten Eiweisses betrug der Eiweisszerfall 89,8 g = 14,36 g Stickstoff = 373 Calorien. Die Arbeit entsprach dagegen 945 Calorien.

In den beiden letzten Versuchen vermag also das ganze am Arbeitstage zersetzte Eiweiss nicht einmal die äussere Arbeit zu decken.

Das Gleiche that schon Erwin Voit im Jahre 1890 (a. a. O. S. 36) dar, indem er für den Versuch von C. Voit am hungernden Hunde aus der Gesammtmenge des zersetzten Eiweisses eine wesentlich geringere Energiemenge in Calorien berechnete, als der Hund für die geleistete Arbeit brauchte.

Ein ähnliches Ergebniss hatte der von Fick und Wislicenus[1]) angestellte bekannte Versuch; bei demselben ergab das während der Arbeit und den folgenden 6 Stunden zersetzte Eiweiss noch nicht einmal den dritten Theil des Calorienwerthes der äusseren Arbeit.

Wir schliessen daraus, dass die Energie für die Muskelarbeit nicht vom Eiweiss herzurühren braucht, sondern auch von stickstofffreien Stoffen abstammen kann. C. Voit hat niemals die Betheiligung des Eiweisses an der Muskelarbeit geleugnet und E. Voit hat in der angegebenen Abhandlung (S. 38) deutlich ausgesprochen, dass das Eiweiss, das Fett und die Kohlehydrate in dieser Beziehung die gleiche Bedeutung besitzen.

Da in den angeführten Fällen das gesammte zersetzte Eiweiss nicht zureicht, um die Calorienmenge der Arbeit zu decken, so ist es auch nicht möglich, dass während der Arbeit in den Muskeln mehr Eiweiss zersetzt wird, in den übrigen Organen aber zu gleicher Zeit um so viel weniger, oder dass während der Arbeit der Eiweissumsatz gesteigert, in der nachfolgenden Ruhe dagegen unter die Norm herabgesetzt ist.[2])

Wenn man aber, wie Pflüger[3]) und neuerdings Verworn[4]), glaubt, dass nur das Eiweiss im Stande sei, die Muskelkraft zu

1) Fick u. Wislicenus, Myotherm. Untersuchungen, 1889 S. 14.

2) Diese Möglichkeiten hat C. Voit in Hermann's Handbuch, 1881, Bd. 6 S. 191 eingehend besprochen.

3) Pflüger's Archiv, 1891, Bd. 50 S. 98.

4) Allgem. Physiol. S. 538.

liefern, dann muss man auch unterstellen, dass der Stickstoff der Ausscheidungen kein Maass für das zersetzte Eiweiss zu sein braucht.

In der That hat, nachdem schon Andere eine Regeneration des zerfallenen Eiweisses angenommen hatten, Hermann im Jahre 1867 [1]) auf Grund seiner Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln die Hypothese aufgestellt, dass bei der Muskelarbeit eine stickstoffhaltige Substanz zersetzt würde, dass aber nur der stickstofffreie Antheil sofort zerstört werde, während der stickstoffhaltige mit Hilfe der stickstofffreien Stoffe der Nahrung wieder zu den ursprünglichen Stoffen aufgebaut werde. Vor allem aber hat Pflüger[2]) den ganzen Vorgang des Stoffwechsels auf einen theilweisen Zerfall und eine Regeneration des lebendigen Eiweissmoleküls gegründet.

Aber auch wenn diese Theorie, welche zu kritisiren nicht meine Aufgabe ist, richtig sein sollte, so muss man doch die Spannkraft für die Muskelarbeit, wenigstens in allen denjenigen Fällen, wo das aus dem ausgeschiedenen Stickstoff berechnete zersetzte Eiweiss kein Energie-Aequivalent für die geleistete Arbeit ist, den stickstofflosen Stoffen zusprechen.

Nimmt man an, was uns nicht wahrscheinlich ist, dass die Energie für die Muskelarbeit gleich bei dem ersten Zerfall des Eiweisses in einen stickstoffhaltigen und einen stickstofffreien Antheil entwickelt wird, dann müsste zum Wiederaufbau des Eiweisses aus dem stickstoffhaltigen Antheil und den stickstofffreien Stoffen der Nahrung ebensoviel Energie wieder aufgewendet werden, welche von den stickstofffreien Stoffen der Nahrung geliefert würde. Glaubt man dagegen, die Energie für die Muskelarbeit stamme hauptsächlich von dem Zerfall des stickstofffreien Antheils des Eiweisses, so wären es doch die stickstofffreien Stoffe des Eiweisszerfalles oder der Nahrung, welche durch ihre Energie die Muskelarbeit ermöglichten.

Es erscheint einfacher, sich zu denken, dass die zugeführten gelösten stickstofffreien Stoffe in den Zellen und durch deren

1) Untersuch. über den Stoffwechsel der Muskeln, Berlin 1867, S. 100.
2) Pflüger, Archiv f. d. ges. Physiol., 1875, Bd 10 S. 251.

Eigenschaften zersetzt werden, als anzunehmen, dass dieselben stets, bevor sie zerstört werden können, zu Eiweiss werden.

Nichtsdestoweniger ist unter Umständen das Eiweiss allein die Kraftquelle für die Muskelarbeit, nämlich dann, wenn im Organismus nur Eiweiss zersetzt wird.

Dass solche Fälle gegeben sind, geht schon aus einigen Bilanzversuchen von Pettenkofer und Voit hervor, bei denen nicht nur die Zersetzung des Eiweisses, sondern auch die der stickstofffreien Stoffe im Respirationsapparat bestimmt wurde. So zersetzte zum Beispiel ein längere Zeit mit Fleisch gefütterter Hund nur Eiweiss[1]), denn die eingeführte und abgegebene Stickstoffmenge, sowie die Kohlenstoffmenge stimmen bis auf ganz geringe Grössen überein. Da nun ein Thier auch während der sogenannten Ruhe in den Herz- und Athembewegungen eine nicht unbedeutende Arbeit leistet, so ist in diesen Fällen das Eiweiss die Quelle der Muskelkraft gewesen.

C. Voit hat hierüber in Hermann's Handbuch, 1881, S. 3 gesagt: »es versteht sich ja von selbst, dass in einem extremen Falle, wenn gar kein Fett mehr im Körper vorhanden ist und in der Nahrung keine stickstofffreien Stoffe gereicht werden, nur vom Eiweiss gezehrt wird und die Zerstörung desselben entsprechend der Arbeit wächst«.

In letzter Zeit liess Pflüger einen sehr mageren Hund bei ausschliesslicher Fütterung mit reinem Fleisch längere Zeit grosse Arbeit leisten. Er schliesst daraus, dass in seinem Versuche die Arbeit nur auf Kosten des zersetzten Eiweisses zu Stande gekommen sei.

Anhang.

Analysen zum Versuch A.

Zwieback.

Der Stickstoffgehalt betrug in %	1,705 1,765	1,735.
Der Trockengehalt	90,275 90,353	90,314.

1) Zeitschr. f. Biol., 1871, Bd. 7 S. 475.

Reis.

Der Stickstoffgehalt betrug in % 0,735 / 0,652 } 0,693.

Der Trockengehalt . . . . . 86,198 / 86,218 } 86,208.

Milch.

Der Stickstoffgehalt betrug in % 0,418 / 0,429 } 0,423.

Der Fettgehalt . . . . . 3,64 / 3,56 / 3,57 / 3,55 } 3,58.

Fleisch.

Der Stickstoffgehalt betrug auf frische Substanz bezogen in % 3,193 / 3,137 } 3,165.

Der Trockengehalt der lufttrocknen Substanz 91,60 / 91,55 } 91,575.

Da nun 100 g frisches Fleisch = 27 g lufttrocken waren, so ist der Trockengehalt des frischen Fleisches 24,74 %.

Fettgehalt: 5,6001 g lufttrockne Substanz liefern 0,7403 g Fett (Aetherextr.).
100 g frische oder 27,0 g lufttrockne Substanz liefern 3,569 g Fett.
4,8053 g lufttrockne Substanz liefern 0,6334 g Fett.
100 g frische oder 27 g lufttrockne Substanz liefern 3,559 g Fett.
Im Mittel ist der Fettgehalt also 3,564.

Wein.

Der Stickstoffgehalt war in % 0,0352 / 0,0378 } 0,0365.

Perlzwiebeln.

Der Stickstoffgehalt war in % auf frische Substanz bezogen 0,2052 / 0,2063 } 0,207.

Butter.

50 g Butter liefern 0,7108 g Schmelzrückstand, der als Eiweiss angesehen wurde = 1,4216 %.
50 g Butter liefern 0,7206 g Schmelzrückstand = 1,4412 %.
Im Mittel 1,431 %.

4,71 g Butter liefern 4,0104 g Fett = 85,147 %.
5,431 g Butter liefern 4,6245 g Fett = 85,151 %.
Im Mittel 85,149 %.

Harn.

Der Harn vom 27. Januar enthielt im Mittel 14,55 g Stickstoff
» » » 28. » » » » 15,98 » »
» » » 29. » » » » 15,08 » »
» » » 30. » » » » 14,76 » »
» » » 31. » » » » 16,36 » »

Der Harn vom 1. Februar enthielt im Mittel 17,47 g Stickstoff
» » » 2. » » » » 15,35 » »
» » » 3. » » » » 15,25 » »

Koth.

Die lufttrockne Substanz betrug 136,85 g.

Der Stickstoffgehalt betrug in % $\left.\begin{matrix}8{,}0365\\8{,}1656\end{matrix}\right\}$ 8,101.

An jedem Tage wurden $\frac{136{,}85}{8}$ g lufttrockne Substanz ausgeschieden = 17,1 g,
mithin täglich 1,386 g Stickstoff.

Analysen zum Versuch B.

Zwieback.

Der Stickstoffgehalt betrug in % $\left.\begin{matrix}1{,}716\\1{,}721\end{matrix}\right\}$ 1,719.

Der Trockengehalt . . . . . $\left.\begin{matrix}90{,}75\\90{,}77\end{matrix}\right\}$ 90,76.

Reis.

Der Stickstoffgehalt betrug in % $\left.\begin{matrix}0{,}983\\0{,}925\end{matrix}\right\}$ 0,954.

Der Trockengehalt . . . . . $\left.\begin{matrix}86{,}21\\86{,}27\end{matrix}\right\}$ 86,24.

Milch.

Der Stickstoffgehalt betrug in % $\left.\begin{matrix}0{,}530\\0{,}546\end{matrix}\right\}$ 0,538.

Der Fettgehalt . . . . . $\left.\begin{matrix}3{,}18\\3{,}26\end{matrix}\right\}$ 3,22.

Fleisch.

Der Stickstoffgehalt betrug auf frische Substanz bezogen in % $\left.\begin{matrix}3{,}287\\3{,}312\end{matrix}\right\}$ 3,300.

Der Trockengehalt der lufttrocknen Substanz betrug $\left.\begin{matrix}95{,}937\\95{,}896\end{matrix}\right\}$ 95,917.

Da nun 47,5 g lufttrockne Substanz 194 g frischen Fleisches entsprechen, so ist der Trockengehalt der frischen Substanz 23,485 %.

Der Fettgehalt war in % $\left.\begin{matrix}1{,}887\\1{,}852\end{matrix}\right\}$ 1,869.

Butter.

50 g Butter liefern 0,5331 g Schmelzrückstand, der als Eiweiss angesehen wurde.
50 g Butter liefern 0,5280 g Schmelzrückstand; der Eiweissgehalt ist demnach

$\left.\begin{matrix}1{,}0662\\1{,}0560\end{matrix}\right\}$ 1,061.

Fett.

50 g Butter liefern 42,4456 g Aetherextrakt = 84,8912 $\left.\begin{matrix}\\\\\end{matrix}\right\}$ 84,805 %.
50 » » » 42,3593 » » = 84,7186

Bier.

Der Stickstoffgehalt des Bieres betrug in % 0,0784 / 0,0805 } 0,079.

Das Extrakt betrug in % 6,45 / 6,83 } 6,64.

Harn.

Die Stickstoffmenge im Harn betrug am

23. Februar	im	Mittel	20,07 g		27. Februar	im	Mittel	17,18 g
24. »	»	»	18,23 »		28. »	»	»	18,02 »
25. »	»	»	17,18 »		29. »	»	»	19,09 »
26. »	»	»	16,45 »		1. März	»	»	16,15 »

Koth.

Die Menge des lufttrocknen Kothes betrug 279,8 g.

Der Stickstoffgehalt war in % 7,897 / 7,642 } 7,769.

An jedem Tage wurden $\frac{279,8}{8}$ = 34,975 g, mithin täglich 2,7 g Stickstoff ausgeschieden.

Analysen zum Versuch C.

Zwieback.

Der Stickstoffgehalt betrug in % 1,8219 / 1,8300 } 1,826.

Der Trockengehalt betrug in % . 89,88 / 89,77 } 89,825.

Der Fettgehalt betrug . . . . 0,297 / 0,316 } 0,307.

Reis.

Der Stickstoffgehalt betrug in % 0,947 / 0,957 } 0,952.

Der Trockengehalt betrug . . . 87,418 / 87,436 } 87,427.

Der Fettgehalt betrug . . . . 0,537 / 0,650 } 0,59.

Butter.

50 g Butter liefern 0,6596 g Eiweiss (Schmelzrückstand) = 1,319 / 50 » » » 0,6520 g » » = 1,304 } 1,312 %.

50 g Butter liefern 42,527 g Fett = 85,054 / 50 » » » 42,500 » » = 85,000 } 85,027 %.

Bier.

Der Stickstoffgehalt des Bieres betrug in 100 ccm

0,080 / 0,082 } 0,086 = 0,536 eiweissartige Substanz.

Der Trockengehalt betrug in 100 ccm 6,314 / 6,443 } 6,37.

Zieht man von der Trockensubstanz die eiweissartige Substanz ab, so erhält man 5,83 % für Kohlehydrate.

Harn.

Der	Harn	vom	5.	December	enthielt	12,23 g	Stickstoff	}	12,26.
»	»	»	5.	»	»	12,28 »	»		
»	»	»	6.	»	»	11,44 »	»	}	11,44.
»	»	»	6.	»	»	11,44 »	»		
»	»	»	7.	»	»	10,36 »	»	}	10,35.
»	»	»	7.	»	»	10,34 »	»		
»	»	»	8.	»	»	10,34 »	»	}	10,32.
»	»	»	8.	»	»	10,30 »	»		
»	»	»	9.	»	»	11,11 »	»	}	11,05.
»	»	»	9.	»	»	10,98 »	»		
»	»	»	10.	»	»	10,67 »	»	}	10,69.
»	»	»	10.	»	»	10,71 »	»		
»	»	»	11.	»	»	10,49 »	»	}	10,46.
»	»	»	11.	»	»	10,44 »	»		

Koth.

Die Menge des lufttrockenen Kothes war 267,0 g, täglich also $\frac{267}{7} = 38{,}1$.

Der Stickstoffgehalt betrug in % 7,815 / 7,962 } 7,88.

Dennoch wurde täglich 3,008 g Stickstoff durch den Koth ausgeschieden.

Der Trockengehalt betrug in % . 92,39 / 92,42 } 92,40.

—

Beschreibung des Brems-Dynamometers.

Das zur Arbeit benutzte Brems-Dynamometer ist von Herrn Ingenieur F. Hülss, damals an der hiesigen technischen Hochschule, hergestellt worden. Die Abbildung auf S. 136 lässt die Verhältnisse leicht erkennen.

An der Axe, welche durch die 3,070 kg schwere Kurbel gedreht wird, befindet sich ausser dem Schwungrad in der Mitte eine Trommel, über welche ein Gurt geschlungen ist. An den Enden dieses Gurtes befinden sich zwei Backen, mit denen ein Haken und die Wagschale etc. verbunden sind, welche Theile zusammen 2,344 kg wiegen.

An dem einen Axenträger ist ein horizontalstehender Maassstab unverrückbar befestigt, welcher den bei der Drehung der Axe erhaltenen Ausschlag angibt. Zu diesem Zwecke muss der Nullpunkt des Maassstabes genau vertikal unter der Drehaxe liegen; dies wird dadurch hervorgebracht, dass man um den rein cylindrischen Theil der Welle, unmittelbar vor und hinter der Gurtscheibe, je zwei Senkel legt und dann den Maassstab so lange verschiebt, bis der Nullpunkt den Abstand der beiden parallelen Visirebenen halbirt.

Der mit dem Haken verbundene verticale Draht, welcher den Ausschlag am Maassstabe anzeigen soll, muss genau mit der Verticalen durch die obere Schneide des Hakens zusammenfallen.

Der Abstand des Schwerpunktes der Kurbel von der Drehaxe beträgt 0,222 m.

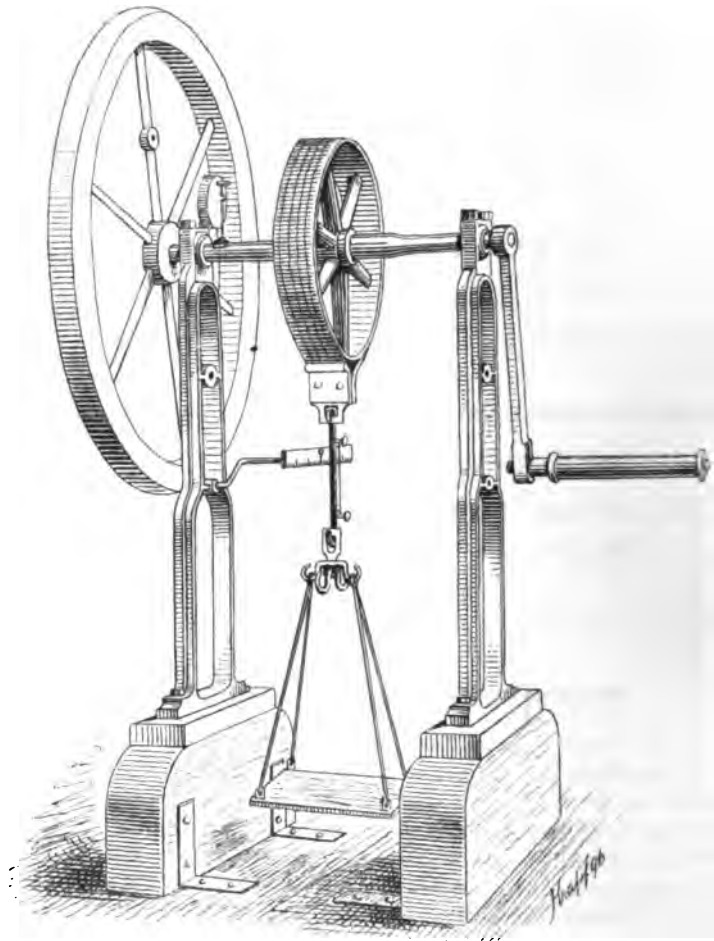
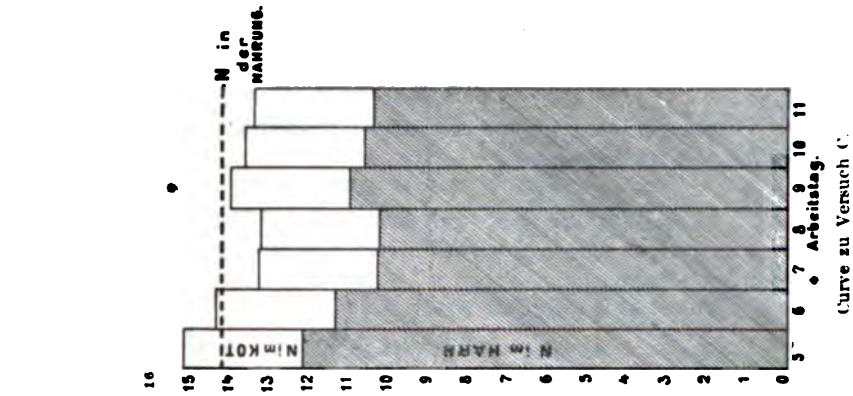


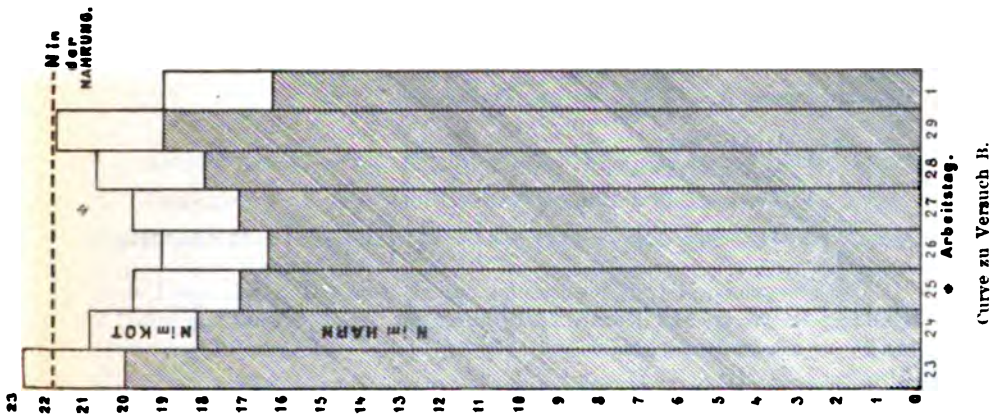
Fig 1.

Das Zählwerk zeigt die Anzahl der Umdrehungen an.

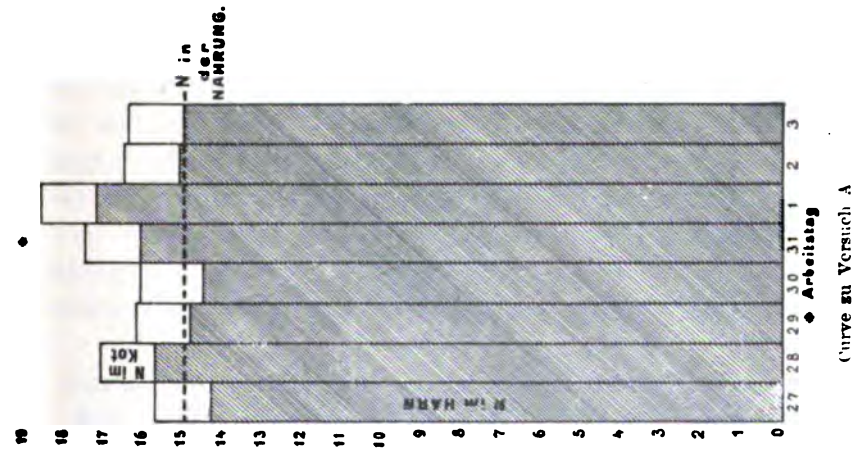
Bezeichnet P die an der Kurbel ausgeübte Kraft in Kilogramm,
r den Radius der Kurbel in Meter,
G die aufgelegten Gewichte in Kilogr. $(2{,}344 + G)$ kg,
a den Ausschlag in Meter,



Curve zu Versuch C.



Curve zu Versuch B.



Curve zu Versuch A.

so ist, wenn man von der Reibung des Kurbelheftes und von der beträchtlichen Reibung in den zwei Lagern (Gesammtdruck in letzteren ungefähr = 100 kg) absieht:

$$P \cdot r = (2{,}344 + G) \cdot a.$$

Die von dem Arbeiter bei einer Umdrehung geleistete mechanische Arbeit ist Meterkilogramm

$$A_1 = P \cdot 2\,r\,\pi = (2{,}344 + G) \cdot a \cdot 2\,\pi.$$

Durch Versuche wurde gefunden, dass zur Ueberwindung der Reibung im Kurbelheft und in den zwei Lagern durchschnittlich 2 mkg aufgewendet werden müssen.

Die wirklich geleistete Arbeit bei einer Umdrehung beträgt:

$$A = A_1 + 2 = \Big[(2{,}344 + G)\ a\,2\,\pi + 2\Big]\ \text{mkg},$$

wobei G = Gewicht auf der Waagschale in Kilogramm,
a = der Ausschlag in Meter,
π = 3,14.

Bei n Umdrehungen in t Minuten wird die geleistete Arbeit in Secunden-Meterkilogramm $N = \frac{n \cdot A}{t \cdot 60}$.

Beispiel: $g = 30$ kg,
$a = 0{,}130$ m,
$n = 25$ in 1 Minute.

$$N = \frac{25}{60}\Big[(2{,}344 + 30) \cdot 0{,}13 \cdot 2 \cdot 3{,}14 + 2\Big] = \frac{25}{60} \cdot \Big[26{,}4 + 2\Big] = 11{,}8\ \text{Sec.-Mkg.}$$

Absolut genau ist dieses Resultat nicht, weil die Arbeit zur Ueberwindung der Lager- und Kurbelheft-Reibung bei einer Umdrehung von 1,5 bis 2,5 kg schwanken kann.

Harnsäure, Xanthinbasen und Phosphorsäure im menschlichen Urin.

Von

Dr. **W. Camerer.**

Durch die Untersuchungen von Horbaczewski ist über die Herkunft der Harnsäure im Urin Genaueres bekannt geworden. Danach liefert das Nukleïn des Zellkerns bei der Auflösung der Zellen Eiweiss, Phosphorsäure und Xanthinbasen. Diese letzteren werden theils als solche im Urin ausgeschieden, grösstentheils gehen sie durch Oxydation in Harnsäure über. Man hat ferner Grund anzunehmen, dass bei weitem nicht alle im Körper gebildete Harnsäure und Xanthinbasen zur Ausscheidung im Urin gelangen, vielmehr nur diejenige Menge, welche die Leber nicht passirt. Der andere, wohl grössere Theil, welchen durch die Leber geht, wird in Harnstoff umgewandelt und als solcher ausgeschieden. Wenn auch diese Aufstellungen vollkommen richtig sind, was wahrscheinlich, aber doch nicht sicher erwiesen ist, so sind doch die einzelnen Momente, von welcher das Steigen und Fallen der Harnsäure-Ausscheidung beim Menschen abhängt, noch nicht recht bekannt und manches schon Erforschte ist wenigstens nicht allgemein bekannt.

So nimmt man, gestützt auf Versuche von Hermann an, dass die Zufuhr von animalem Eiweiss (Fleischkost) die Harnsäurebildung besonders begünstige und erheblich mehr als die

Zufuhr von vegetabilischem Eiweiss. Ich habe aber in Versuchen, auf welche ich später zurückkomme, bei der gewählten Pflanzenkost nicht viel weniger Harnsäure und Xanthinkörper ausgeschieden als bei Fleischkost, obwohl im letzteren Fall die Ausscheidung an Gesammtstickstoff reichlich doppelt so gross war als im ersten. Auch Weintraud hat gefunden, dass bei reiner Fleischkost die Harnsäuremenge im Verhältniss zum Gesammtstickstoff am kleinsten ist.

Zur Erklärung der gesteigerten Ausscheidung an Harnsäure und Xanthinbasen, namentlich während der Verdauung, zog Horbaczewski die Verdauungs-Leukocytose heran. Leukocyten sollen sich, jedoch nur bei Verdauung von Eiweiss, nicht von sonstigen Nahrungsstoffen, in der Darmwand anhäufen, sodann das Blut überschwemmen und in den Organen zu Grunde gehen, ihre Kerne liefern die Xanthinbasen. Eine gewisse Stütze könnte diese Anschauung darin finden, dass sowohl ich selbst, als Weintraud Verdauungsstörungen erlitten bei Genuss solcher Nahrung, welche zu reichlicher Harnsäureausscheidung Anlass gibt, aber trotzdem ist sie nicht haltbar, wie die folgenden Untersuchungen lehren. Anregung zu denselben hat mir die schon erwähnte Arbeit Weintraud's gegeben, da ich im Interesse der Gichtlehre schon vorher die Untersuchungen über Harnsäure und Acidität des Urins von Neuem aufgenommen hatte, und es ist der erste Abschnitt dieser Arbeit der Frage gewidmet, ob die Verdauungs-Leukocytose oder der Gehalt der zugeführten Speisen an Nukleïn Ursache der vermehrten Harnsäureausscheidung während der Verdauung ist.

I. Harnsäureausscheidung nüchtern und in der Verdauung.

Meine Zeit reichte leider nicht hin, den N der Harnsäure und Xanthinbasen gesondert zu bestimmen, ich musste mich begnügen, denselben ungetrennt zu ermitteln und nenne ihn, wie meine Vorgänger: »Basen-N«. Auf die Versuchsmethoden werde ich am Schlusse der Arbeit zu sprechen kommen.

Der Arbeitsplan war folgender: nachdem Abends gegen 8 Uhr ein mässiges Nachtessen verzehrt war, sollten die Versuchs-

personen am andern Morgen bis 11 Uhr keine Speise geniesen, sondern um diese Zeit die Probemahlzeit verzehren. Der von 7—11 Uhr und von 11—3 Uhr entstandene Urin wurde je für sich gesammelt und nach vollendeter Sammlung sofort [1]) in Arbeit genommen. War mehr als eine Versuchsperson betheiligt, so wurde jeder einzelne Urin für sich gemessen, das specifische Gewicht bestimmt, sodann die betreffenden Urine gut gemischt, das specifische Gewicht der Mischung bestimmt und letztere weiter verarbeitet. Um die Verhältnisse vergleichbar zu machen, tranken die Versuchspersonen nüchtern und verdauend gleiche Mengen Flüssigkeit (denn einigemal handelte es sich um flüssige Nahrung), gewöhnlich ganz dünnen schwarzen Kaffe (2 l Filtrat von 15 g Bohnen) meist mit etwas Zucker. Wegen anderweitiger Berufsgeschäfte konnte die gewünschte Zeiteintheilung allerdings nicht immer festgehalten werden, worüber bei den einzelnen Versuchen Näheres.

Um eine N-freie Nahrung zu bekommen, liess ich aus 250 g Schweinefett, 125 g Rohrzucker, 375 g Stärkmehl, 40 ccm Kirschgeist Brödchen backen, welche jedoch schwer zu essen und schwer zu verdauen waren, sie schmeckten zu sehr nach dem Fett. Ich selbst war schon bei Beginn der Versuche nicht recht bei Appetit und zog mir durch den reichlichen Genuss dieser Brode eine länger dauernde Verdauungstörung zu, Appetitlosigkeit, Magendrücken, schliesslich Durchfall, so dass ich in der Folge zu länger dauerndem Fasten genöthigt war. Die Versuche mit anderen Nahrungsmitteln geschahen dann erst, als das Unwohlsein ganz überwunden war, die geringe N-Ausscheidung während des Nüchternseins bei den Versuchen 1, 3, 4 ist ohne Zweifel meinem damaligen schlechten Ernährungszustande zuzuschreiben.

Ich machte zunächst einige Vorversuche mit den Brödchen.

1. Versuch am 2. October 1895. Morgens zwischen 5 und 9 Uhr sammelte ich meinen Urin, nachdem ich 500 ccm Kaffee ohne Zucker getrunken; Menge 246 ccm, spec. Gewicht 1015. Um 9 Uhr ass ich 150 g Brödchen, trank dazu 455 ccm Wasser und 45 ccm Kirschengeist; letzteren um die Nahrungsauf-

1) Die Verhältnisse der Phosphorsäure sind im ganz frischen Urin etwas anders als in dem, welcher 16—24 Stunden gestanden hat.

nahme zu erleichtern; um 11 Uhr noch 100 ccm Wasser. Urin von 9 bis 1 Uhr 394 ccm, spec. Gewicht 1010.

2. Versuch am 10. October. Mein Sohn (22 jährig) und ich tranken um 8 Uhr je 400 ccm Kaffee mit 5 g Zucker. Urin von 8—11½ Uhr im Ganzen 1190 ccm, spec. Gewicht 1007. Um 11½ Uhr ass er 50 g (mehr konnte er nicht bewältigen), ich 100 g Brödchen; jeder trank 360 ccm Kaffee mit 5 g Zucker und 40 ccm Kirschengeist. Urin von 11½—3 Uhr 1182 ccm, spec. Gewicht 1004.

Bei den Hauptversuchen wirkte ausser mir meine älteste Tochter (27 Jahre alt) mit.

3. Versuch am 14. October. Jedes trank um ½7 Uhr 400 ccm Kaffee mit 10 g Zucker. Urin von ½7—10 Uhr 688 ccm, spec. Gewicht 1008. Zufuhr um 10 Uhr je 100 g Brödchen und 380 ccm Kaffee mit 20 ccm Kirschengeist und 10 g Zucker. Urin von 10—½2 Uhr 980 ccm, spec. Gewicht 1005. Von jetzt ab sind alle Versuche von 7—3 Uhr angestellt.

4. Versuch am 4. November. Getränk nüchtern 500 ccm Kaffee mit 10 g Zucker, ebenso verdauend. Nahrung je 148 g Weisses vom Hühnerei, in ganz wenig Fett gebacken. Urin nüchtern 700 ccm, spec. Gew. 1009; verdauend 984 ccm, spec. Gew. 1007.

5. Versuch am 8. November. Getränk nüchtern 500 ccm Kaffee mit 10 g Zucker, verdauend je 500 ccm Brühe einer in Salzwasser gekochten Kalbsthymus (es wurde die entstandene Brühe auf 1000 ccm aufgefüllt und somit das ganze Dekokt genossen). Nahrung je 140 g Thymus, roh gewogen, nach möglichster Befreiung von Bindegewebe. Urin nüchtern 710 ccm, spe. Gew. 1007, verdauend 780 ccm, spec. Gew. 1010. Bei beiden Personen trat leichte Uebelichkeit ein, wegen des intensiven Geschmackes der Brühe.

6. Versuch am 12. November. Getränk nüchtern 600 ccm Kaffee mit 15 g Zucker; Nahrung und Getränk 700 ccm Kuhmilch (spec. Gew. 1029). Urin nüchtern 1180 ccm, spec. Gew. 1006, verdauend 1164 ccm, spec. Gew. 1008.

7. Versuch am 21. November. Getränk nüchtern 500 ccm Kaffee mit 15 g Zucker, 11 Uhr volles Mittagessen: ich 100 ccm Hirnsuppe (dünn, mit etwas Weck), 450 ccm Erbsenbrei (Erbsen mit Fettzusatz in Wasser gekocht), 100 g ziemlich fettes Rauchfleisch vom Schwein. Meine Tochter Suppe wie oben, 300 ccm Erbsenbrei, 75 g Rauchfleisch. Getränk je 130 ccm heuriger Wein, 350 ccm schwarzer Kaffee. Urin nüchtern 1260 ccm, spec. Gew. 1006, verdauend 580 (!) ccm, spec. Gew. 1015. Die Resultate waren:

(Siehe Tabelle I auf Seite 143.)

Rechnet man die Zahlen bei Versuch 2 und 3 auf 4 stündige Urinausscheidung um — beobachtet wurde ja nur 3 ½ stündige, so erhält man:

	nüchtern					verdauend				
2	4,52	3,95	0,094	—	—	3,10	2,91	0,059	—	—
3	3,15	2,66	0,059	0,48	0,31	2,63	2,34	0,048	0,37	0,34

Tabelle I.

(Absolute Werthe in Gramm.)

Versuchs-Nummer	nüchtern					Kostform	verdauend				
	Gesammt-N	N nach Hüfner	Basen-N	Gesammt. P_2O_5 [1])	P_2O_5 in 2fach saurem Salz [1])		wie links				
1	1,69	1,42	0,049	—	—	N-frei	1,61	1,35	0,039	—	—
2	3,96	3,46	0,082	—	—	N-frei	2,96	2,55	0,052	—	—
3	2,76	2,33	0,052	0,42	0,27	N-frei	2,33	2,05	0,042	0,35	0,30
4	3,13	2,74	0,057	0,40	0,26	Weisses v. Ei	3,53	3,02	0,065	0,47	0,33
5	3,39	2,98	0,052	0,47	0,37	Thymus	3,86	3,42	0,084	0,62	0,48
6	3,68	3,24	0,064	0,40	0,28	Kuhmilch	3,79	3,43	0,069	0,57	0,39
7	3,33	2,94	0,063	0,37	0,30	Erbs., Fleisch	3,52	3,09	0,096	0,52	0,20
	3,40	2,99	0,061	0,40	0,27	Mittel v. 4 u. 6	3,66	3,23	0,067	0,52	0,36
	3,36	2,96	0,057	0,42	0,34	Mittel v. 5 u. 7	3,69	3,25	0,090	0,57	0,34

Noch schärfer treten die Resultate hervor durch Berechnung der Verhältnisszahlen.

Tabelle II.

(Verhältnisszahlen.)

Versuchs-Nr.	nüchtern				verdauend			
	Auf 100 Ges.-N kommt			auf 100 P_2O_5 kommt saure P_2O_5	wie links			
	Hüfner-N	Basen-N	P_2O_5					
1	84,2	2,9	—	—	83,8	2,4	—	—
2	87,4	2,1	—	—	86,1	1,7	—	—
3	84,5	1,9	15,1	64	87,8	1,8	14,9	86
4	87,4	1,8	12,9	65	85,8	1,8	13,4	70
5	87,8	1,5	14,0	79	88,5	2,2	16,0	77
6	88,1	1,7	10,9	70	90,5	1,8	15,1	68
7	88,3	1,9	11,3	81	87,7	2,7	15,0	38
4 u. 6	87,9	1,8	11,8	67	88,0	1,8	14,2	69
5 u. 7	88,1	1,7	12,5	81	88,1	2,4	15,4	—

Am 4., 5., 6. Tag betrug die Eiweisszufuhr ungefähr 20 g für die Person, am 7. Versuchstag für mich ca. 48, für meine Tochter ca. 37 g, im Mittel also etwas über 40 g für die Person. An der Ausscheidung N-haltiger Stoffe war aber die Vermehrung der Eiweisszufuhr fast nicht zu bemerken. Bei der N-freien Kost führte eine Versuchsperson etwa 40 g Fett und 60 g Kohlen-

1) In den späteren Tabellen kurz »P_2O_5« und »saure P_2O_5« genannt.

hydrate zu, ungefähr einem Energiewerth von 600 Calorien entsprechend.

100 g Kalbsthymus enthalten eine reichliche Menge von Kernnukleïn, nach Weintraud 0,5 bis 0,6 g Basen-N entsprechend. über Erbsen habe ich in dieser Beziehung nichts erfahren können; dass ihr Genuss zu reichlicher Harnsäureausscheidung Veranlassung gibt, war mir aber schon von früher bekannt. Weisses vom Hühnerei soll kein oder sehr wenig Nukleïn enthalten, das Caseïn der Kuhmilch ist allerdings ein Nukleo-Albumin. Das Nukleïn des Caseïns ist aber ein sogenanntes Paranukleïn und liefert bei der Zersetzung (ausserhalb des Körpers) nur Eiweiss und Phosphorsäure, wogegen die Kernnukleïne ausser den genannten Stoffen auch Xanthinbasen liefern.

Das Ergebniss meiner Versuche scheint mir unzweideutig. In den Versuchen 1, 2 und 3 ist durch Zufuhr N-freier Nahrungsstoffe die Zerstörung von Körpereiweiss zwar nicht aufgehoben, aber doch beschränkt worden, es sank die Ausscheidung an Gesammt-N, als Mittelwerth für einen Versuch berechnet, von 2,80 g auf 2,30 g, also um etwa 18 % (die Ausscheidung nüchtern = 100 gesetzt) die Ausscheidung von Basen-N sank in stärkerem Verhältniss, von 61 mg auf 44 mg = 28 %. Es ist möglich, aber nicht eben wahrscheinlich, dass während der Verdauung Eiweiss mit geringerem Nukleïngehalt als in nüchternem Zustand zersetzt wurde; plausibler scheint mir die Erklärung, dass die Leber während der Verdauung mehr Blut erhielt, demnach auch mehr Harnsäure in Harnstoff umwandeln konnte.

Bei dem Versuch 4 und 6 ist die Ausscheidung an Gesammt-N und an Basen-N während der Verdauung etwa im gleichen Verhältniss vermehrt worden, nämlich um 8—10 %, bei dem Versuch 5 und 7 ist der Gesammt-N ebenfalls um 10 % vermehrt worden, der Basen-N aber um 58 %. Man hat keinen Grund anzunehmen, dass die Verdauung ungefähr gleicher Mengen von Eiweiss eine vielfach grössere Leukocytose verursache, wenn das Eiweiss von Thymus stammt, als wenn es von Weissem des Ei oder der Kuhmilch stammt und sieht sich desshalb zu dem Schluss genöthigt, dass das Nukleïn der Nahrung es war,

welches im Versuch 5 und 7 die unverhältnissmässig grosse Ausscheidung am Basen-N bewirkte. Mag es sich aber mit der Verdauungs-Leukocytose so oder so verhalten, jedenfalls geht aus sämmtlichen Versuchen hervor, dass beim ernährten Menschen die ausgeschiedene Harnsäure und die Xanthinkörper aus 2 Quellen stammen: sowohl aus zerfallenden Zellen des Körpers, als auch aus zugeführtem Nuklein, ohne dass freilich über die Menge, welche jede der Quellen liefert, Genaueres anzugeben wäre. Denn ein Theil der während des nüchternen Zustandes producirten Harnsäure kann wohl von früherer Zufuhr stammen, wovon später.

Bemerkenswerth ist bei den Versuchen das Verhältniss zwischen saurer und gesammter P_2O_5, Verdauung Versuch 3 und 7. Bei Versuch 3 bin ich geneigt, saure Gährung im Magen anzunehmen, bei Versuch 7 ist alkalireiche Pflanzennahrung zugeführt worden.

II. Die sogenannte individuelle Disposition für Bildung von Harnsäure und Xanthinbasen.

Die Statistik hat derartige Schwankungen der absoluten Harnsäuremengen bei verschiedenen Individuen und derartige Schwankungen der relativen Harnsäuremenge, bezogen auf 100 Gesammt-N, sogar bei einem und demselben Individuum ergeben, dass man eine besondere individuelle Disposition annehmen zu müssen glaubte. »Der eine menschliche Organismus liefert stets hohe, der andere stets niedere Harnsäurewerthe» und halte an dieser Eigenschaft mit auffallender Zähigkeit fest.[1])

Nach meinen früheren Erfahrungen schwankten zwar die relativen Harnsäurewerthe der 24 stündigen Urine nicht so ganz unregelmässig. Ich fand dieselben viel mehr verschieden bei ganzen Gruppen von Individuen, klein bei Frauen, klein bei Kindern von 1 bis etwa 14 Jahren, grösser bei Männern und bei Frauenmilchsäuglingen.

1) Noorden, Pathologie des Stoffwechsels S. 54 u. 55.

Ferner fand ich, dass die Harnsäurewerthe im Laufe der 24 Tagesstunden einen regelmässigen Gang einhalten.[1])

Ueber die Harnsäureausscheidung bei Männern und Frauen kann ich einige neue Versuche beibringen.

Ich sammelte den 24stündigen Urin von mir und meiner Frau (C) und von einem jüngeren Collegen und dessen Frau (M); je ein Ehepaar hatte dieselben Speisen zur Verfügung, und jede Versuchsperson bediente sich nach eigener Wahl.

Die Resultate waren folgende:

Tabelle III.

		absolute Werthe				relative Werthe		
		Harnstoff nach Hüfner	Harnsäure nach Haycraft	P_2O_5	saure P_2O_5	auf 100 Harnstoff kommt Harnsäure	auf 100 Harnstoff kommt P_2O_5	auf 100 P_2O_5 kommt saure P_2O_5
C	Mann	23,0	0,865	2,14	1,42	3,8	9,3	66
	Frau	14,6	0,425	1,40	1,00	2,9	9,6	71
M	Mann	24,2	0,920	2,53	1,53	3,8	10,4	60
	Frau	19,2	0,585	1,99	1,13	3,0	10,4	57

Um die Versuche mit den früheren vergleichbarer zu machen, rechne ich Harnstoff in Gesammt-N, Harnsäure in Basen-N um[2]), es kommt auf 100 Gesammt-N, Basen-N und P_2O_5 für C Mann 2,4 und 18; C Frau 1,9 und 18; für M Mann 2,4 und 20, für M Frau 1,9 und 20.

Derartige Befunde machten mir von jeher wahrscheinlich, dass die verschiedene Art der Ernährung im Wesentlichen die Verschiedenheit in der Harnsäureausscheidung hervorbringt. Vollends wird diess bestätigt durch die Erörterungen des 1. Abschnittes; ich wenigstens könnte mir darnach nicht recht vorstellen, wie die Verschiedenheit der Harnsäure-Ausscheidung

1) Diese Zeitschr. Bd. 26 S. 109 u. ff.

2) 89,4 N nach Hüfner entsprechen im Mittel 100 Gesammt-N; die Extreme sind ungefähr 95 u. 85 Hüfner-N = 100 Gesammt-N. Die Verhältnisszahlen würden nicht viel anders werden, wenn man die extremen Werthe, anstatt des Mittelwerthes, der Umrechnung zu Grunde legen würde. — Dividirt man Harnsäure nach Haycraft mit 3, so erhält man sehr annähernd den Basen-N.

durch eine besondere Körperbeschaffenheit des einzelnen gesunden Individuums zu Stande kommen könnte. Da die Frage durch blosse Statistik nicht gelöst werden kann, ohne besondere Schwierigkeit aber durch den directen Versuch; so benützte ich die Gelegenheit zu einem solchen.

Herr G. ist nicht nur erblich zu Gicht disponirt, sondern leidet auch seit 10 Jahren an solcher, übrigens mässigen Grades. Er war zur Zeit der Versuche 78,6 kg schwer, 51½ Jahre alt. Ich als Vergleichsperson (C) war 52½ Jahre alt, 75,1 kg schwer, 170 cm lang. G. ist etwas kürzer als ich und etwas korpulenter. Er ist gewöhnt, mehr zu essen als ich, namentlich mehr Fleisch und mehr Wein und Bier zu trinken; wir hatten einige Mühe, gleichen Schritt zu halten, da der eine nicht recht genug bekam an dem Quantum, welches dem andern zu viel war. Die Körperbewegung suchten wir möglichst gleich zu gestalten. Nachdem wir schon einige Tage am gleichen Tisch gegessen, aber jeder nach seinem Belieben Speise und Getränke gewählt hatte und nachdem wir am 29. Mai schon Morgens 7 Uhr gleich viel gegessen und getrunken hatten, so weit dies nach Augenmaass erreicht werden konnte, wurden um ½1 Uhr Jedem Speise und Getränke gleich zugewogen, ebenso um 8 Uhr Abends. Der von ½1—3 Uhr gebildete Urin wurde gesammelt = erster Mittagsurin, ferner der von 8 Uhr Abends bis 4 Uhr Morgens gebildete = Nachturin, endlich der von 4 Uhr Morgens bis 8 Uhr Morgens gebildete = erster Morgenurin. Am 31./5. wurde wieder so verfahren, nachdem wir auch am 30. möglichst gleich gelebt hatten. Es wurde der in vier Stunden nach der Mittagsmahlzeit gebildete Urin gesammelt = zweiter Mittagsurin, ferner der Nachts 11 Uhr bis Morgens 6 Uhr gebildete Urin = zweiter Morgenurin.

Tabelle IV.

Absolute Werthe.

Herkunft des Urins	C			G		
	Harnstoff nach Hüfner	P_2O_5	saure P_2O_5	wie links		
1. Mittagurin	5,15	0,320	0,250	4,03	0,490	0,355
2. »	4,53	0,432	0,287	5,42	0,679	0,444
Nachturin	11,99	1,013	0,676	9,78	0,949	0,591
1. Morgenurin	4,71	0,397	0,271	3,34	0,423	0,290
2. »	7,21	0,869	0,212	7,45	0,809	0,459
Mittel der Mittagurine auf 1 Stunde berechnet . .	1,29	0,100	0,072	1,26	0,156	0,106
Nachturin (1 Stunde) . . .	1,50	0,127	0,084	1,22	0,119	0,074
Morgenurin, Mittel (1 Std.).	1,08	0,070	0,044	0,98	0,112	0,068
Mittel aller Versuche (1 St.)	1,27	0,096	0,064	1,13	0,126	0,081

Tabelle V.

Relative Werthe aus den Mittelzahlen berechnet.

	Auf 100 Harnstoff kommt P_2O_5		Auf 100 P_2O_5 kommt saure P_2O_5	
	C	G	C	G
Mittagurin	7,8	12,4	72	68
Nachturin	8,3	9,8	68	66
Morgenurin . . .	6,5	11,4	63	61
Mittel aller Versuche	7,5	11,1	67	64

Rechnet man Harnstoff in Gesammt-N um, so kommt für C auf 100 Gesammt-N 14,8 P_2O_5; für G aber 21,4.

Am 5. und 6. Juni wurden beiden Versuchspersonen Speise und Getränk ganz gleich zugewogen, und der Urin der 24stündigen Perioden gesammelt. An einigen weiteren Versuchstagen sollte nun der 24stündige Urin bei freiem Leben beider Versuchspersonen gesammelt werden, leider war diess wegen unerwarteter Abreise von G nur noch an einem Tage möglich, am 11. Juni, an welchem G zudem wegen starken Katarrhs nicht recht bei Appetit war.

Die Resultate waren folgende:

Tabelle VI.

	C					G				
	Urin in ccm	Harnstoff	Harnsäure	P_2O_5	saure P_2O_5	wie links				
Gewog. Kost 5. Juni	2780	25,0	0,797	1,78	1,22	3100	27,4	0,904	2,76	1,82
Gewog. Kost 6. »	2420	28,8	0,867	1,93	1,23	2470	28,7	0,882	2,52	1,37
Freies Leben 11. Juni	2380	24,1	0,754	1,84	1,25	2560	26,0	1,047	2,89	1,92

Hievon folgende relative Werthe (der Harnstoff ist in Gesammt-N umgerechnet).

(Siehe Tabelle VII auf Seite 149.)

Es ist also schon am zweiten Versuchstage bei gleicher Kost die Ausscheidung an Harnstoff und Harnsäure bei beiden Versuchspersonen nahezu gleich gross geworden, bei P_2O_5 ist dies noch

Tabelle VII.

	Auf 100 Harnstoff kommt				Auf 100 Gesammt-N kommt				Auf 100 P_2O_5 kommt saure P_2O_5	
	Harnsäure		P_2O_5		Basen-N		P_2O_5			
	C	G	C	G	C	G	C	G	C	G
5. Juni	3,2	3,4	7,1	10,1	2,0	2,1	13,7	19,4	68	66
6. »	3,0	3,1	6,7	8,8	1,9	2,0	12,9	16,9	64	55
11. »	3,1	4,0	7.6	11,1	1,8	2,6	14,7	20,7	68	66

nicht der Fall, doch stehen sich die Werthe am zweiten Versuchstage viel näher als am ersten und bei freiem Leben.

Ein weiteres Licht auf die in Frage stehenden Verhältnisse werfen die schon erwähnten Versuche von Weintraud[1]). Ich kann es nicht umgehen, den grössten Theil seiner Tabelle I hier noch einmal abzudrucken, denn Weintraud selbst hat seine Versuche nicht in der Richtung verwerthet, wie hier geschehen soll.

Die Versuchsperson (W.) war 28 Jahre alt, genoss am 1., 2. u. 3. Januar gemischte Kost und hatte eine mittlere 24stündige Ausscheidung von 16,56 Gesammt-N; 0,354 Basen-N; 2,863 P_2O_5 mit so geringen Schwankungen der einzelnen Versuchstage, dass es überflüssig ist, dieselbe einzeln mitzutheilen. Auf 100 Gesammt-N kam also 2,1 Basen-N und 17,3 P_2O_5. Ich bemerke jedoch, dass Weintraud wegen anderer Versuchsmethode durchweg etwas mehr Basen-N erhalten zu haben scheint, als ich. Am 4., 5. und 6. Januar, ebenso am 15., 16. und 17. Januar genoss W. Kalbsthymus, 750—1000 g im Tag, am 7., 8. und 9. gemischte Kost, am 10 bis 15. ausschliesslich Kalbsbraten, am 18. bis 21. wieder gemischte Kost. Durch den Ausfall der Versuche gerieth W. in Verdacht, an harnsaurer Diathese zu leiden, desshalb wurden dieselben mit zwei anderen Versuchspersonen wiederholt, ohne aber ein anderes Resultat zu geben; ich kann von Mittheilung dieser weiteren, ohnedem minder vollständigen Versuchsreihen absehen.

(Siehe Tabelle VIII auf S. 150.)

Aus der Betrachtung der Tabelle, namentlich der relativen Werthe, geht hervor, dass die durch Thymuszufuhr bewirkte Steigerung des Basen-N zwar sofort am ersten Tag der Thymusfütterung beginnt, aber nicht mit Beendigung desselben sofort aufhört. Erst am 9. Januar, sodann wieder am 20., eigentlich gar erst am 21. Januar, war bei gemischter Kost derselbe rela-

1) Berliner klin. Wochenschr. 1895 S. 407.

Tabelle VIII.

Versuche von Weintraud.

	Datum	24stündige Werthe				Relative Werthe			
						a. 100 Ges.-N kommt			auf 100 P_2O_5 kommt saure P_2O_5
		Gesammt-N	Basen-N	N der Harnsäure	P_2O_5	Basen-N	N der Harnsäure	P_2O_5	
1. Thymusversuch	Jan. 4.	19,8	0,679	0,521	3,77	3,4	2,6	19,0	55
	5.	21,2	0,752	0,625	5,76	3,5	2,9	27,3	72
	6.	21,3	0,724	0,617	5,81	3,2	2,5	27,0	81
2. gemischt. Kost	7.	18,3	0,575	0,430	5,13	3,1	2,3	28,0	66
	8.	17,0	0,433	0,361	3,24	2,5	2,1	19,0	65
	9.	16,4	0,372	0,324	2,63	2,3	2,0	16,0	61
Kalbsbrat.	10.	21,0	0,489	0,382	3,12	2,3	1,8	14,8	59
	11.	19,3	0,409	—	2,62	2,1	—	13,5	56
	12.	23,9	0,468	—	3,37	2,0	—	14,1	—
	13.	17,5	0,380	—	2,67	2,2	—	15,2	—
	14.	22,3	0,425	0,336	3,33	1,9	1,5	14,9	51
2. Thymusversuch	15.	23,4	0,739	0,581	4,16	3,4	2,9	17,8	41
	16.	21,8	0,752	0,626	5,28	3,4	2,9	24,2	63
	17.	23,0	0,953	0,808	6,42	4,1	3,5	27,9	59
3. gemischt. Kost	18.	18,2	0,659	0,459	4,64	3,6	2,5	25,5	64
	19.	17,0	0,464	—	3,66	2,7	—	21,5	—
	20.	18,4	0,430	—	3,01	2,3	—	16,4	—
	21.	19,7	0,407	—	3,25	2,1	—	16,5	—

tive Werth des Basen-N erreicht, welchen er vor Beginn der Thymusfütterung am 1.—3. Januar hatte. Ganz ähnlich verhält es sich mit der Phosphorsäure, nur dass deren Vermehrung nicht schon am ersten, sondern erst am zweiten Tag der Thymusfütterung in voller Stärke auftritt, auch wie es scheint, an den auf Thymus folgenden Tagen mit gemischter Kost kürzer nachwirkt, als die Vermehrung des Basen-N.

Aus den Versuchen Weintraud's geht also hervor, dass ein Mensch nicht Tag für Tag eine nukleïnreiche Nahrung zuführen muss, um beständig eine ungewöhnlich grosse Ausscheidung von Basen-N und Phosphorsäure zu erzielen; es genügt schon, wenn dies sehr oft geschieht und es scheint mir, als ob auch diese Versuche dazu beitragen, die Annahme einer individuellen

Disposition für Harnsäurebildung hinfällig zu machen. Die Frage kann übrigens auf dem betretenen Wege durch weitere Versuche gründlich gelöst werden.

Berechnet man, soweit die Versuche von Weintraud dies möglich machen, wie viel Xanthin-N auf 100 Basen-N kommt, so erhält man folgendes Resultat:

Tabelle IX.

Xanthin-N auf 100 Basen-N.

	1. Thymus-versuch			Gemischte Kost			Fleischkost		2. Thymus-versuch			Gem. Kost
Datum	4. Jan.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	14.	15.	16	17	18.
Xanthin-N	23	17	15	25	17	13	22	21	21	17	15	30

Unregelmässig und sehr stark schwanken die relativen Werthe für Xanthin-N bei gemischter Kost, gross sind sie bei Fleischkost, einen auffallenden Gang zeigen sie bei den Thymusversuchen. Da am 1., 2. und 3. Januar die Harnsäure nicht besonders bestimmt wurde, weiss man leider nicht, welcher Werth am 3. Januar dem am 4. Januar beobachten (mit 23) vorangegangen ist.

Es ist von Interesse, diese Versuche von Weintraud mit derjenigen zu vergleichen, welche ich schon 1890 an mir selbst angestellt habe. [1])

Die Ergebnisse waren damals folgende:

Tabelle X.

Nahrung	Versuchstage	24stündige Werthe				Verhältnisszahlen auf 100 Ges.-N kommt		
		Gesammt-N	N nach Hüfner	Basen-N	N der Harnsäure	N nach Hüfner	Basen-N	N der Harnsäure
Animal: Milch, Eier, Fleisch	28., 29., 30. Nov. 16., 17. Dec.	17,80	16,70	0,249	0,231	6,7	1,4	1,3
Pflanzenkost: Erbs., Sauerkraut, Brot	4. u. 5. Dec.	8,61	7,48	0,200	0,169	13,1	2,3	2,0
Pflanzenkost: Kohl, Kartoffel, Apf., Brot	11. u. 12. Dec.	7,78	6,63	0,180	0,132	14,2	2,3	1,7
Gemischt. Kost	19., 20. Nov. 15. Dec.	13,42	11,85	0,237	0,201	11,7	1,8	1,5

1) Diese Zeitschrift Bd. 28 S. 73 u. ff.

Hiezu ist zu bemerken, dass ich (mit einer Ausnahme am 16. Dec.) die Urinsammlung und Analyse erst begann, nachdem die gewählte Kostform einen Tag lang schon eingehalten war, es begann also z. B. die rein animale Kost schon am 27. November u. s. w. Ich hatte eine Beeinflussung der folgenden Versuche durch die vorhergehenden, wie sie bei Weintraud zu Tage getreten ist, befürchtet und wollte sie durch Anordnung der Versuche vermeiden.

Auch bei mir sind die relativen Werthe des Basen- und Harnsäure-N am kleinsten bei rein animaler Kost und von mittlerer Grösse bei gemischter Kost. Auch bei mir geht die Ausscheidung von Harnsäure- und Xanthin-N nicht parallel. Es kamen nämlich auf 100 Basen-N folgende Menge Xanthin-N:

Animale Kost	1. Pflanzenkost	2. Pflanzenkost	Gemischte Kost
7,1	15,3	26,3	15,3

Dass bei Weintraud sowohl, als mir die Kost, welche zu reichlicher Ausscheidung von Basen-N führt, Neigung zu Durchfall verursachte, ist schon oben erwähnt.

Bei einer Anzahl von Personen, welche an Gicht oder Harngries litten, und deren Urin die Eigenthümlichkeiten der »harnsauren Diathese« erkennen liess, habe ich Harnstoff, Harnsäure, Gesammtphosphorsäure und Phosphorsäure in zweifach sauren Salzen bestimmt. Da diese Untersuchung mehr für den Arzt als für den Physiologen von Interesse ist, will ich hier über dieselbe nur mittheilen, dass die untersuchten Urine im Verhalten dieser Stoffe keinen charakteristischen Unterschied gegenüber von normalen Urinen erkennen liessen. Es fielen Harnsäurekrystalle aus dem klaren, verdünnten Urin (spec. Gewicht 1010 bis 1015) nach kurzem Stehen aus, ob der Gehalt an Harnsäure und »saurer Phosphorsäure« klein oder gross war.

III. Die Versuchsmethoden.

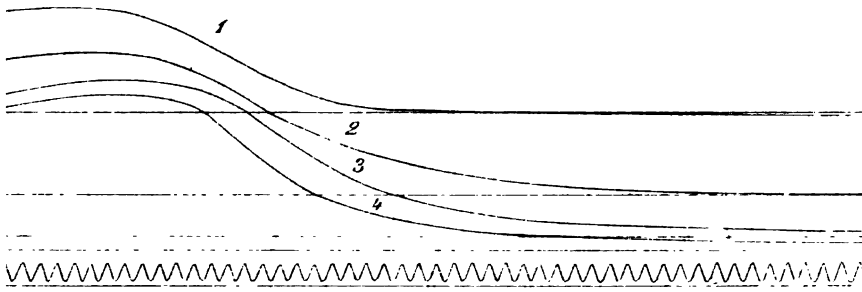
Die N-Bestimmungen sind nach Kjeldahl mit der Modification von Ulsch gemacht. Den Basen-N hat Weintraud nach

der Methode von Krüger durch Ausfällen mit Natriumbisulfit und Kupfersulfat und N-Bestimmung des Niederschlags ermittelt, und die Harnsäure nach der Methode Salkowski's. Ueber die Methode Krüger's ist vorläufig noch kein sicheres Urtheil möglich, sie scheint aber höhere Werthe zu ergeben als die Ausfällung mit Silbernitrat. Es geht diess schon aus den oben mitgetheilten Tabellen hervor, ausserdem fand ich und Salkowski die 24stündige Menge der Xanthinkörper im Mittel vieler Urine nach der Silbermethode zu 80 mg, Krüger und Wulff nach der anderen Methode zu 130 mg.

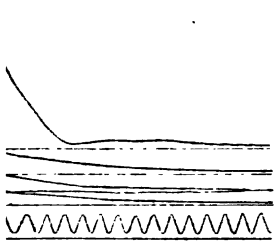
Die Harnsäure- und Xanthinbestimmung durch Silberfällung steht bezüglich ihrer Genauigkeit in keinem guten Ruf auf Grund von Einwänden gegen dieselbe, welche nicht sowohl der Praxis des Laboratoriums, als vielmehr theoretischen Bedenken entstammen. Man erhält nach dem Verfahren von Salkowski-Ludwig die Harnsäure allerdings häufig nicht ganz rein, sondern mit etwas Schwefel oder Schwefelsilber verunreinigt. Dieser Fehler ist aber sehr klein und kann ganz umgangen werden, wenn man die Harnsäure nicht trocknet und wägt, sondern deren N bestimmt. Die Harnsäure ist ferner aus einer geringen Menge Mutterlauge auskrystallisirt und mit etwas Wasser gewaschen — bei meinen früheren Arbeiten betrug Waschwasser und Mutterlauge immer 50 ccm. Eine kleine Menge Harnsäure bleibt in der Flüssigkeit gelöst, muss also zu der gefundenen Menge hinzugerechnet werden, und zwar pflegt man auf 100 ccm Wasser 4,8 mg Harnsäure hinzuzurechnen.

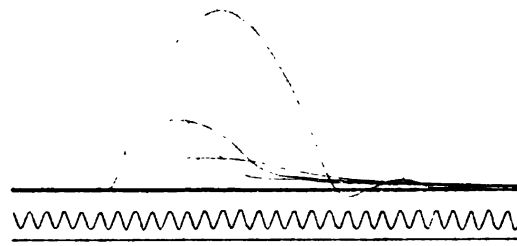
Die Abweichungen der einzelnen Versuche von diesem Werthe sind so klein, dass sie nicht in Betracht kommen und man erhält bei sorgfältigem Arbeiten ganz richtige Resultate wenn man Harnsäurelösungen von bekanntem Gehalt aus reiner Harnsäure anfertigt und untersucht. Es ist zweckmässig, denselben soviel Natriumphosphat und Chlornatrium beizufügen als Urin etwa enthalten würde und mit denselben genau so zu verfahren, wie mit Urin.

Zur Bestimmung des Basen-N verfährt man zunächst nach der Vorschrift von Salkowski und ermittelt sodann den N

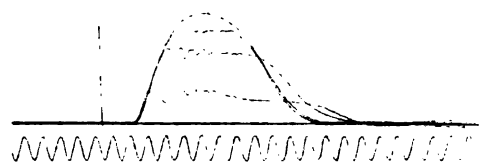


8.

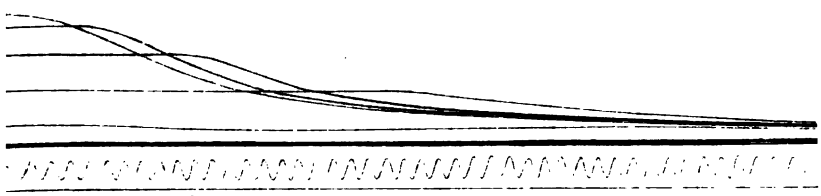




10.



11.



12.

© Kupferb

Zur Analyse der Zuckungscurve des quergestreiften Muskels.

Von

Dr. **Karl Kaiser,**

Privatdozent.

(Aus dem physiologischen Institut in Heidelberg.)

(Mit Tafel II u. III.)

Der Inhalt der von Ed. Weber[1]) ausgesprochenen Theorie der Muskelthätigkeit beschränkt sich im Wesentlichen darauf, dass der Muskel in der Ruhe eine natürliche Form besitzt und in der Thätigkeit eine zweite natürliche Form. Ist das eine Muskelende fixirt, so wird das andere freie Muskelende je nach Ruhe oder Thätigkeit des Muskels eine verschiedene Lage einnehmen.

Ich will, um kurze und präcise Ausdrücke zu haben, die Lage des freien Muskelendes in der Ruhe als ersten Fusspunkt, die Lage des freien Endes, wenn der Muskel seine zweite natürliche Form angenommen hat, als zweiten Fusspunkt des Muskels bezeichnen.

Welcher Punkt der Zuckungscurve repräsentirt diesen zweiten Fusspunkt?

Ad. Fick hat im Anschluss an die Theorie Ed. Weber's den ruhenden Muskel mit einem ungespannten, elastischen Schlauch, den erregten mit einem gespannten elastischen Schlauch

1) Ed. Weber, Wagner's Handwörterbuch III.

verglichen. Danach sind die bewegungsbestimmenden Umstände, welche auf einen maximalen Instantenreiz die Verkürzung des Muskels herbeiführen, gleich der Spannkraft, die durch Dehnung des erregten Muskels auf die Länge des ruhenden erzeugt wird. Diese Spannkraft wird gleich Null, wenn der Muskel seine zweite natürliche Form angenommen hat. Daraus ergibt sich eine dynamische Bestimmung des zweiten Fusspunktes: Dieser liegt da, wo in der Zuckungscurve des sich frei d. h. unbelastet[1]) contrahirenden Muskels die Beschleunigung durch die bewegungsbestimmenden Umstände gleich Null wird.

Lässt sich ein solcher Punkt in der Zuckungscurve des unbelasteten Muskels experimentell bestimmen?

Nach der Vorstellung von Ad. Fick kann man die Zuckung des Muskels vergleichen mit der Bewegung einer gedehnten und plötzlich entspannten Feder. Eine solche Feder zieht sich aber nicht nur bis zu der Länge zusammen, welche ihr im ungespannten Zustande zukommt, sondern sie geht, je nach ihrer Elasticität und dem Grade der vorhergehenden Spannung noch ein kleineres oder grösseres Stück über die Ruhelage hinaus. Dadurch wird die Feder comprimirt, Druckelasticität geweckt und die Feder führt eine elastische Schwingung um ihre Ruhelage aus. Schreiben wir nun die Bewegung einer solchen, durch ein Gewicht gedehnten und dann plötzlich entspannten Feder auf und treffen eine Einrichtung, welche gestattet, die Feder im Moment, wo sie, in Folge der geweckten Druckelasticität, wieder zurückschwingt, wieder mit dem dehnenden Gewicht zu belasten, so erhalten wir eine Curve, in deren aufsteigendem Schenkel sich ein Punkt befindet, welcher der Ruhelage der Feder entspricht, wo also die Spannkraft der Feder gleich Null wird. Dieser Punkt kann experimentell bestimmt werden: Lässt man den Hebel, an welchem die Feder angreift, während der Zusammenziehung der Feder gegen eine Hemmung schlagen, so ist die Bewegung des Hebels eine verschiedene, je nachdem ob im Moment des Anschlages noch Spannkraft vorhanden ist oder nicht. Im ersteren Falle

1) Als »unbelastet« resp. »minimal belastet« bezeichne ich der Kürze wegen den nur durch den Hebel belasteten Muskel.

bleibt der Hebel unter kurzem Erzittern an der Hemmung liegen. Bringt man die Hemmung aber so an, dass der Anschlag gerade in dem Moment erfolgt, wo die Spannkraft gleich Null wird (oder später), so bewegt sich der Hebel im Moment des Anschlages mit einer bestimmten Geschwindigkeit abwärts.

Das diesem Vorgange zu Grunde liegende allgemeine Gesetz lautet: Wird einem Massentheilchen durch irgend eine Kraft eine Beschleunigung ertheilt, so wird es sich, wenn die Beschleunigung aufhört, mit der Geschwindigkeit, welche es in diesem Moment erlangt hat, geradlinig weiter bewegen. Ertheilt man nun dem Massentheilchen in diesem Moment einen seiner Bewegungsrichtung genau entgegen gerichteten Stoss, so wird es sich nach dem Gesetze des Parallelogramms der beiden Geschwindigkeiten weiter bewegen.

Lässt sich nun etwas Aehnliches am Muskel beobachten? Die Thatsache, dass die Zuckungscurve des unbelasteten Muskels steil zur Abscisse abfällt und diese sogar häufig überschreitet, konnte sehr wohl der Ausdruck der Wirkung von durch die Zuckung geweckter Druckelasticität sein. Findet ein solcher Process bei der Zuckung des unbelasteten Muskels statt, so muss sich auch im aufsteigenden Schenkel der Zuckungscurve ein Punkt finden, wo die Beschleunigung durch die Verkürzungskraft gleich Null wird.

Wir können nun am Muskel durchaus den gleichen Versuch ausführen wie an der Feder.

Alle folgenden Versuche sind am M. Gastrocnemius der R. temporaria ausgeführt. Der Muskel befand sich in einer feuchten Kammer und wurde von seinem Nerven aus durch maximale Oeffnungsinductionsschläge erregt. Es ändert an den Resultaten der Versuche nichts, wenn man den Muskel curarisirt und direct erregt. Die directe Erregung durch maximale Inductionsschläge schädigt den Muskel sehr bald, besonders, wenn man, was zur Controlle sehr oft geschah, den regelmässiger gebauten M. sartorius benützt. Als Hebel diente ein auf die hohe Kante gestellter Aluminiumstreifen von 4 cm Länge; an diesem war zur Verlängerung des Hebels ein gespaltener Strohhalm

befestigt, der an seiner Spitze einen fein geschabten Federkiel trug. Der mikrometrisch verstellbare Anschlag erfolgte in der von v. Kries[1]) angegebenen Weise gegen eine rückwärts über die Stahlaxe hinausgehende Verlängerung des Hebels. Zur isotonischen Belastung war an der Axe des Hebels eine Rolle von 0,5 cm Radius angebracht. Die Spannung, welche der Muskel durch die Schreibvorrichtung und die feste Drahtverbindung mit dieser erfuhr, war einem Gewichte von 1,25 g äquivalent. Die Länge des Hebels von der Axe bis zur Schreibspitze betrug 20 cm; der Muskel griff 3 cm von der Axe entfernt am Hebel an. Der Hebel vergrösserte also die Bewegung des Muskels 6,66 mal. Geschrieben wurde an der sich mit maximaler Geschwindigkeit bewegenden Baltzar'schen Trommel. Die Oeffnung des primären Stromkreises geschah selbstthätig durch eine am Kymographion angebrachte, von Fr. Runne (Heidelberg) vortrefflich gearbeitete Einrichtung (die auch als Doppelcontact benützt werden kann).

Der Punkt, wo die Beschleunigung durch die Verkürzungskraft gleich Null wird, also der zweite Fusspunkt, wurde nun so aufgesucht, dass zunächst eine normale Curve aufgeschrieben wurde. Dann wurden Anschlagszuckungen gezeichnet und zwar so, dass der Anschlag in immer späteren Momenten erfolgte. Je entfernter nun von der Abscisse der Anschlag eingestellt war, desto kürzere Zeit blieb der Hebel an der Hemmung liegen. Bei einer bestimmten Höhe des Anschlages blieb aber der Hebel überhaupt nicht an der Hemmung liegen, sondern bewegte sich unmittelbar nach dem Anschlage geradlinig gegen die Abscisse zurück. An diesem Punkte der Curve muss die Beschleunigung durch die Verkürzungskraft gleich Null sein. Das darüber liegende Stück der Curve kann nicht anders aufgefasst werden, als beruhend auf einer Ueberwindung des elastischen Widerstandes des Muskels durch die im Nullpunkt der Beschleunigung erlangte Geschwindigkeit. Die dadurch geweckte Druckelasticität kommt zum Ausdruck in der Wucht, mit welcher der Muskel zur Abscisse zurückgeworfen wird, so dass dieser trotz der minimalen

1) v. Kries, Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1880.

Belastung von 1,25 g nicht nur die Abscisse wieder erreicht, sondern sehr häufig noch über sie hinausfährt. Fig. 1 zeigt eine isotonische Curve des minimal belasteten Muskels und den Erfolg eines im zweiten Fusspunkt *a* erfolgten Anschlages. (Vergl. auch Fig. 9 u. 10.)

Ich untersuchte nun zunächst den Einfluss der Temperatur auf die Ordinate des zweiten Fusspunktes. Als Ordinate oder auch als Höhe des zweiten Fusspunktes bezeichne ich dessen Abstand von dem fixirten Muskelende. Der geometrische Ort des zweiten Fusspunktes ist eine durch den zweiten Fusspunkt gezogene, zur Abscisse parallele Linie. Die Curven der Fig. 2, 3 und 4 sind von demselben Muskel gezeichnet: 2 bei 19° C., 3 bei 25° C. und 4 bei 0° C. Die Temperirung des Muskels geschah in der üblichen Weise, vermittelst einer kupfernen, doppelwandigen Kammer. Der zweite Fusspunkt wurde in der Curve des auf 19° C. erwärmten Muskels in der beschriebenen Weise bestimmt und die Hemmungseinrichtung für alle drei Curven gleich hoch eingestellt.

Wir sehen, dass der auf 25° C. erwärmte Muskel während seiner Zuckung auf derselben Höhe gehemmt, wie der auf 19° C. erwärmte, ebenfalls unmittelbar nach dem Anschlag geradlinig zur Abscisse zurückkehrt. Durch Erwärmung wird also die Ordinate des zweiten Fusspunktes nicht beeinflusst.

In der Curve Fig. 4 erkennt man nichts von einem Anschlag. Es liegt nämlich der Curvengipfel des auf 0° C. abgekühlten Muskels genau in der Höhe des zweiten Fusspunktes. Stellen wir für den kalten Muskel die Hemmung nur wenig tiefer ein, so bleibt der Hebel längere Zeit an der Hemmung liegen (vgl. Fig. 12). Dicht unter dem Curvengipfel des auf 0° C. abgekühlten Muskels ist also die Verkürzungskraft noch nicht erloschen.

Die Höhe des zweiten Fusspunktes ist demnach unabhängig von der Temperatur.

Um den Einfluss der Belastung auf die Höhe des zweiten Fusspunktes zu untersuchen, müssen wir uns zuerst den dynamischen Einfluss der Belastung auf die Zuckung im Allgemeinen klar machen.

Wir können uns vorstellen, dass die bewegungsbestimmenden Umstände dem freien Ende des Muskels eine Beschleunigung ertheilen, die gegen das fixirte Ende des Muskels gerichtet ist. Schreiben wir mit Hilfe einer der graphischen Methoden die Bewegung des zuckenden Muskels auf, so gibt uns die so gewonnene Zuckungscurve die Lageveränderungen des freien Muskelendes als Function der Zeit.

Belasten wir den Muskel, so wirkt die Beschleunigung durch die Schwere der Beschleunigung durch die Verkürzungskraft entgegen. Bezeichnen wir die von letzterer erzeugte Geschwindigkeit als positiv, die von der Beschleunigung durch die Schwere bedingte Geschwindigkeit als negativ, so hängt die Bewegung des freien Muskelendes ab von der algebraischen Summe dieser beiden Geschwindigkeiten.

Ist diese Summe positiv, so verkürzt sich der Muskel, ist sie negativ, so bewegt sich das freie Muskelende gegen die Abscisse zurück. Der Gipfel der Zuckungscurve liegt also da, wo die algebraische Summe der Geschwindigkeiten gleich Null wird. (Mit einer gleich zu erwähnenden Ausnahme.)

Die Beschleunigung durch die Verkürzungskraft wird gleich Null, wenn das freie Muskelende den zweiten Fusspunkt erreicht. Die algebraische Summe der durch Verkürzungskraft und Schwere erzeugten Geschwindigkeiten kann nun gleich Null werden, ehe das freie Muskelende den zweiten Fusspunkt erreicht hat, dann liegt der Curvengipfel unter dem zweiten Fusspunkt.

Der Curvengipfel fällt mit dem zweiten Fusspunkt zusammen, wenn die algebraische Summe der Geschwindigkeiten in demselben Momente gleich Null wird, wo die Beschleunigung durch die Verkürzungskraft aufhört.

Besitzt die algebraische Summe der Geschwindigkeiten in diesem Momente noch einen positiven Werth, so liegt der Curvengipfel über dem zweiten Fusspunkt.

In diesem Falle liegt aber der Curvengipfel nicht da, wo die algebraische Summe der durch Verkürzungskraft und Schwere erzeugten Geschwindigkeiten gleich Null wird, sondern niedriger. Geht nämlich das freie Muskelende mit einer bestimmten Ge-

schwindigkeit über den zweiten Fusspunkt hinaus, so leistet der Muskel elastischen Widerstand. Die dadurch geweckte Druckelasticität ertheilt dem freien Muskelende eine Beschleunigung in der Richtung gegen die Abscisse. Die dieser Beschleunigung entsprechende Geschwindigkeit addirt sich als negativer Werth zu der algebraischen Summe der durch Verkürzungskraft und Schwere bedingten Geschwindigkeiten hinzu. Da, wo diese Summe gleich Null wird, liegt der Gipfel der über den zweiten Fusspunkt hinausgehenden Zuckungscurve.

Belasten wir nun den Muskel so zwar, dass der Gipfel der von der Dehnungsabscisse aus gezeichneten Curve gerade die Höhe des für den unbelasteten Muskel ermittelten zweiten Fusspunktes erreicht, so muss, wenn die Höhe des zweiten Fusspunktes durch die Belastung nicht verändert worden ist, auf dem Gipfel der Curve die Verkürzungskraft gleich Null sein. Entlasten wir nun den Muskel vermittelst der von v. Kries angegebenen Methode auf dem Gipfel, so lässt sich erkennen, ob in diesem Moment noch eine Beschleunigung durch die Verkürzungskraft stattfindet oder nicht. In ersterem Falle wird der Muskel eine »Entlastungszuckung« ausführen, in letzterem nicht. Fig. 5 zeigt einen derartigen Versuch an einem stubenwarmen (14° C.) Muskel; 10 g an der Axe genügten, um den Gipfel der von der Dehnungsabscisse ausgezeichneten Zuckungscurve mit dem vorher bestimmten zweiten Fusspunkt zusammenfallen zu lassen. Im Moment der Entlastung trat nun keine Zuckung auf, sondern der Hebel ging ohne die leiseste Spur einer Aufwärtsbewegung in stetigem Zuge zur Abscisse zurück. Dieser Versuch lässt sich mit demselben Erfolge an Muskeln von beliebiger Temperatur (zwischen 0° bis ca. 30° C.) ausführen, je höher die Temperatur, desto grösser ist das Gewicht, das dem Muskel angehängt werden muss, um den Curvengipfel mit dem zweiten Fusspunkt zusammenfallen zu lassen.

Belastet man den Muskel stärker, so dass der Curvengipfel die Höhe des zweiten Fusspunktes nicht erreicht, so ist die Beschleunigung am Gipfel nicht gleich Null, sondern hat einen bestimmten Werth, dem durch die Beschleunigung durch die

Schwere in diesem Moment das Gleichgewicht gehalten wird. Entlastet man jetzt am Gipfel, so erkennt man die noch vorhandene Verkürzungskraft daran, dass im Moment der Entlastung der Muskel eine Zuckung ausführt. Fig. 6 zeigt einen derartigen Versuch an einem mit 20 g an der Axe belasteten Muskel, dessen Curvengipfel unter dem zweiten Fusspunkt lag. Vergleiche auch die Curven 13—20.

Es ist also die Höhe des zweiten Fusspunktes unabhängig von Temperatur und Belastung.

Der Muskel strebt also, durch einen maximalen Instantenreiz erregt, gleichviel bei welcher Temperatur und Belastung, einer unter allen Umständen bestimmten Form zu. Erreicht er diese, so hört in demselben Moment die Beschleunigung durch die Verkürzungskraft auf.

Worin besteht aber nun

Der Einfluss von Temperatur und Belastung

auf die Zuckung des Muskels?

Der Einfluss der Temperatur auf die Muskelzuckung ist von Gad und Heymans[1]) untersucht worden. Das von diesen Forschern aus ihren Untersuchungeu abgeleitete Gesetz über den Einfluss der Temperatur auf die Höhe der isotonischen Zuckung sagt aus, dass bei 0° C. ein relatives Maximum, bei 19° C. ein relatives Minimum und bei 30° C. das absolute Maximum der Zuckungshöhe liege, dass also die Höhe der bei 19° C. ausgeführten Zuckung niedriger sei als die Höhe der bei 0° oder 30° C. ausgeführten Zuckungen. Dieses von Gad und Heymans aufgestellte Gesetz beruht auf einer falschen Generalisation.

Lässt man einen Muskel bei 19° C. und bei 0° C. isotonische Curven bei wechselnder Belastung aufschreiben, so zeigt sich, dass, so lange die Belastung einen gewissen Werth nicht übersteigt, der Gipfel der bei 19° C. geschriebenen Curven höher liegt als der Gipfel der bei 0° C. geschriebenen Curven. Bei einer bestimmten grösseren Belastung werden die Zuckungshöhen gleich; vergrössert man die Belastung noch weiter, so übertreffen die Zuckungshöhen des kalten Muskels die des warmen.

1) Gad u. Heymans, Arch. f. Anat. u. Physiol. Phys. Abth. Suppl. 1890.

Als Beleg für diese Verhältnisse mögen die in Fig. 7 und 8 wiedergegebenen Curvenschaaren dienen. Fig. 7 zeigt isotonische Curven des auf 19° C. erwärmten Muskels und zwar mit steigender Belastung. Die Curven sind von den Abscissen aus gezeichnet, auf die der Muskel durch die Belastung gedehnt wurde. Die erste Curve ist von dem nur durch den Schreibhebel mit 1,25 g belasteten Muskel geschrieben; bei der zweiten Curve betrug die Belastung 20 g an der Axe ($=\frac{20}{6}$ g am Muskel); bei der dritten Curve 50 g und bei der vierten 70 g an der Axe.

In derselben Weise wurden die Curven der Fig. 8 gewonnen, nachdem der Muskel auf 0° abgekühlt worden war. Beide Curvenreihen sind von demselben Muskel innerhalb genau 5 Minuten gewonnen worden.

Bei des Minimalbelastung und bei der Belastung von 20 g an der Axe sind die Curven des warmen Muskels höher als die des kalten. Bei 50 g an der Axe sind die Curven ungefähr gleich hoch; bei 70 g an der Axe ist aber die Curve des kalten Muskels wesentlich höher als die des warmen.

Man könnte für diese Verhältnisse sehr leicht dadurch einen allgemeinen Ausdruck finden, dass man sagt: Die Zuckungshöhe wachse zwar mit der Temperatur von 0° bis 30° C., aber die Dehnbarkeit des warmen Muskels sei während der Zuckung grösser als die des kalten.

Gegen diese Erklärung durch die verschiedene Dehnbarkeit spricht, dass in der Ruhe der kalte Muskel dehnbarer ist, als der warme, eine Erscheinung, die, so viel ich weiss, zuerst von Schmulewitsch[1]) beobachtet worden ist, und die auch an den in Fig. 7 und 8 wiedergegebenen Curven sehr deutlich hervortritt. Man wäre also zu der Annahme gezwungen, dass die Dehnbarkeitsverhältnisse des warmen und kalten Muskels sich während der Zuckung geradezu umkehren.

Dass wir nun die Wirkung der Belastung nicht so aufzufassen haben, dass der Gipfel der Curve 1 durch die Belastung

1) Schmulewitsch, Journ. de l'anat. et de la physiol. norm. et path. 1868, V, p. 27; Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867, S. 81; ibid. 1870, S. 609.

von 20 g an der Axe auf die Höhe des Gipfels der Curve 2 gedehnt worden ist, geht daraus hervor, dass sich der Muskel im Gipfelpunkt der Curve 2[1]) gar nicht im gedehnten Zustande befindet. Entlastet man ihn nämlich auf dem Gipfel, so müsste sich die vorhandene Dehnungselasticität durch eine »Entlastungszuckung« zu erkennen geben. Das ist aber keineswegs der Fall, sondern vom Momente der Entlastung an sinkt der Muskel in stetigem Zuge zur Abscisse ab. Vergl. Fig. 5.

Erhöht man die Belastung, so dass der Curvengipfel unter dem zweiten Fusspunkt liegt, und entlastet auf dem Curvengipfel, so tritt im Moment der Entlastung eine Zuckung auf. Vergl. Fig. 6. Dass diese Zuckung auf noch vorhandener Verkürzungsenergie und nicht auf durch die Belastung erzeugter Dehnungselasticität beruht, lässt sich nicht direct zeigen, aber wir dürfen es aus dem unmittelbar vorher beschriebenen Versuch annehmen.

Ausserdem lässt sich unsere Anschauung durch folgende Ueberlegung rechtfertigen:

Wir sehen, dass bei immer stärkerer Belastung (Fig. 7) die Curvengipfel zeitlich fast genau mit dem Curvengipfel der Curve 2 zusammenfallen, jedenfalls nicht in einem früheren Zeitelement. Der Gipfel dieser Curven liegt aber dynamisch bestimmt da, wo die algebraische Summe der durch Verkürzungsenergie und Schwere bedingten Geschwindigkeiten gleich Null wird. Das Moment der durch die Schwere bedingten Geschwindigkeit $m.\ v.$ nimmt aber für dasselbe Zeitelement t', des Curvengipfels, mit wachsender Belastung m zu. Da nun das durch die Verkürzungsenergie bedingte Moment der Geschwindigkeit im Zeitelement t', auf dem Curvengipfel, dem Werth $m\,v$ das Gleichgewicht hält (ihre algebraische Summe ist gleich Null), so muss die Verkürzungskraft im Zeitelement t' um so grösser sein, je grösser die Belastung ist. Daraus folgt wiederum, dass in diesen Curven noch jenseits des Curvengipfels, im absteigenden Curvenschenkel, Verkürzungskraft vorhanden ist. Vergl. Curve 6.

---

1) In der Gipfel und zweiter Fusspunkt zusammenfallen.

Daraus geht weiter hervor, dass die Dauer der Verkürzungskraft mit der Belastung zunimmt, ihre Entwicklung unter diesen Umständen langsamer erfolgt.

Am leichtesten zu übersehen sind die Fälle, wo der Curvengipfel über oder auf dem zweiten Fusspunkt liegt. Vergleichen wir z. B. die Curven 1 und 2 der Fig. 7. In der Curve 1 (Minimalbelastung) liegt der Curvengipfel über dem zweiten Fusspunkt, in der Curve 2 (20 g an der Axe) fällt der Curvengipfel mit dem zweiten Fusspunkt zusammen. In diesem Falle erreicht aber das freie Muskelende die Höhe des zweiten Fusspunktes ca. 0,02″ später als in der Curve 1. Eine Belastung von 20 g an der Axe gleich $\frac{20}{6}$ g am Muskel verlängert also die Dauer der Verkürzungskraft schon um 0,02″.

Der Einfluss der Temperatur auf die Dauer der Verkürzungskraft lässt sich an den Curven der Fig. 2, 3 u. 4 ohne Weiteres erkennen. Während am stubenwarmen (14° C.) Muskel (Fig. 2) der Nullpunkt der Beschleunigung erst nach 0,03″ erreicht wird, schneidet in der Zuckungscurve des auf 25° C. erwärmten Muskels der aufsteigende Schenkel den geometrischen Ort des 2. Fusspunktes um 0,01″ früher. Der die Verkürzung des Muskels bedingende Process verläuft also im erwärmten Muskel merklich schneller.

Kühlt man den Muskel auf 0° C. ab, so fällt der zweite Fusspunkt mit dem Curvengipfel zusammen. Der der Verkürzung zu Grunde liegende Process dauert aber unter diesen Bedingungen 0,19″, wird also durch Erniedrigung der Temperatur ganz bedeutend verzögert.

Die mit der Temperatur wechselnde Lage des Curvengipfels zum zweiten Fusspunkt in den Zuckungscurven des unbelasteten Muskels (Fig. 2, 3 und 4) lehrt uns auch den Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit kennen, mit welcher sich die Verkürzungskraft entwickelt. In der Zuckungscurve des auf 0° C. abgekühlten Muskels fällt der Gipfel mit dem zweiten Fusspunkt zusammen. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich das freie Muskelende bewegt, wird also gleich Null in dem Moment, wo die Beschleunigung durch die Verkürzungskraft aufhört.

Daraus folgt, dass der Kraftzuwachs im Zeitelement gerade genügt, um die Trägheit des unbelasteten Muskels zu überwinden.

Wächst die Geschwindigkeit der Entwicklung der contrahirenden Kraft, so wird das freie Muskelende mit wachsender Geschwindigkeit dem zweiten Fusspunkt zustreben, und in dem Augenblicke, wo es diesen erreicht, wird zwar die Beschleunigung durch die contrahirende Kraft gleich Null sein, die Geschwindigkeit aber wird ihr Maximum haben. Die grössere Zuckungshöhe des erwärmten unbelasteten Muskels beruht also nur auf der grösseren Geschwindigkeit, mit welcher sich die Verkürzungskraft entwickelt.

Die Beziehungen der Temperatur und Belastung zu der Dauer der Verkürzungskraft und der Geschwindigkeit ihrer Entwicklung lassen sich folgendermaassen zusammenfassen: Bei gleichbleibender Belastung nimmt mit steigender Temperatur die Dauer der Verkürzungskraft ab, die Geschwindigkeit ihrer Entwicklung zu. Bei gleichbleibender Temperatur nimmt mit wachsender Belastung die Dauer der Verkürzungskraft zu, die Geschwindigkeit ihrer Entwicklung ab.

Dieser merkwürdige Einfluss von Temperatur und Belastung auf die Dauer der Verkürzungskraft und die Geschwindigkeit ihrer Entwicklung lässt uns nun nicht nur verstehen, warum die Zuckungshöhe des auf 0° C. abgekühlten Muskels bei gewissen grösseren Belastungen bedeutender ist als bei mittleren Temperaturen, sondern er erklärt uns auch eine Erscheinung, die zuerst von Heidenhain beobachtet worden ist, und die auch in den Curven der Fig. 8, also am stark abgekühlten Muskel, sehr deutlich hervortritt. Ich meine die Zunahme der Zuckungshöhe bei steigender Belastung.

Beim auf 0° C. abgekühlten Muskel entwickelt sich die Verkürzungskraft wesentlich langsamer als bei dem auf 19° C. erwärmten Muskel. Belasten wir nun den Muskel mit einem grösseren Gewicht, so wird beim kalten Muskel die algebraische Summe der Geschwindigkeiten niemals einen so hohen positiven Werth haben wie im Beginn der Zuckung des warmen Muskels; aber jene Summe wird beim kalten Muskel noch positiv sein, wo sie beim warmen Muskel längst negativ geworden ist. Der

warme Muskel verschwendet gewissermaassen seine Kraft in den ersten Momenten der Zuckung gegen eine geringe Gegenkraft, so dass er sehr bald der Beschleunigung durch die Schwere unterliegt. Der kalte Muskel geht sparsamer mit seiner Kraft um und wendet im Zeitelement nicht mehr oder nicht viel mehr an, als nöthig ist, um die Beschleunigung durch die Schwere zu überwinden. Auf diese Weise gelingt es ihm, eine grössere Arbeit zu leisten, als der auf 19° C. erwärmte Muskel.

Was nun die von Heidenhain zuerst beobachtete Thatsache betrifft, dass die Zuckungshöhen mit steigender Belastung wachsen, so muss zunächst darauf hingewiesen werden, dass, wenn man die Zuckungscurven von den entsprechenden Dehnungsabscissen aus zeichnet, die Hubhöhen zwar grösser werden, dass aber der belastete Muskel sich niemals bis zu der Höhe zusammenzieht wie der unbelastete. So liegt z. B. beim auf 0° C. abgekühlten Muskel (Fig. 8) der Gipfel der Zuckungscurve des unbelasteten Muskels auf der Höhe des zweiten Fusspunktes, die bei 20, 50 und 70 g Belastung (an der Axe) gezeichneten Curven liegen mit ihrem Gipfel unter dem zweiten Fusspunkt. Durch die Belastung wird, wie durch niedrige Temperatur, die Entwicklung der Verkürzungskraft verzögert. Bei gleicher Temperatur wirkt also die grössere Belastung in Bezug auf die Zuckungshöhe, wie bei gleicher Belastung die niedrigere Temperatur. Grössere Belastung und niedrigere Temperatur wirken also in Bezug auf die Entwicklung der Verkürzungskraft im gleichen Sinne. Es gelangt desshalb die Heidenhain'sche Erscheinung beim kalten Muskel schon bei geringerer Belastung zur Beobachtung als beim höher temperirten Muskel. (Vergl. Fig. 8 u. 8a.) Dazu kommt noch, dass der kalte Muskel dehnbarer ist als der warme, dass er sich also bei gleicher Belastung von einer tiefer gelegenen Abscisse aus contrahirt als der warme, und wir werden gleich sehen, dass auch dieser Umstand verzögernd auf die Entwicklung der Verkürzungskraft einwirkt.

Wir können das über den Einfluss der Belastung auf die Verkürzungskraft abgeleitete Gesetz auch so ausdrücken, dass wir sagen: Die Dauer der Verkürzungskraft ist um so grösser,

je tiefer der Curvengipfel unter dem zweiten Fusspunkt liegt. Verhindert man die Erreichung des zweiten Fusspunktes nicht durch angehängte Belastung, sondern dadurch, dass man den Hebel in wechselnder Entfernung vom zweiten Fusspunkt gegen eine Hemmung schlagen lässt, so wird der Hebel so lange an der Hemmung liegen bleiben, bis das Moment der durch die Schwere bedingten Geschwindigkeit (mv) das Moment der durch die Verkürzungskraft bedingten Geschwindigkeit überwiegt. Stellen wir derartige Versuche an minimal belasteten Muskeln an, so bekommen wir durch die Zeit, die der Hebel an der Hemmung liegen bleibt, eine Vorstellung von der Dauer der Verkürzungskraft in solchen Curven, wo die Zuckung nicht durch Anschlag, sondern durch Belastung auf der entsprechenden Höhe unter dem zweiten Fusspunkt festgehalten wird. Fig. 12 zeigt derartige Versuche an einem auf 0° C. abgekühlten Muskel.

Der Hebel bleibt um so längere Zeit an der Hemmung liegen, je weiter vom zweiten Fusspunkt entfernt der Anschlag erfolgt. Zum Beleg diene der in Fig. 9 wiedergegebene Versuch, der an dem M. gastrocnemius einer sehr kleinen Temporaria angestellt wurde.

Andererseits ist die Wirkungsdauer bei in gleicher Höhe erfolgendem Anschlag abhängig von der Geschwindigkeit, mit welcher sich die contrahirenden Kräfte entwickeln. Variiren wir diese durch Veränderung der Temperatur, so bleibt der Hebel unter sonst gleichen Bedingungen (gleiche Belastung) um so länger an der Hemmung liegen, je kleiner die Geschwindigkeit, je niedriger also die Temperatur ist. Die contrahirenden Kräfte entwickeln sich und vergehen eben um so schneller, je höher die Temperatur ist.

Lässt man die Temperatur unverändert und ändert auch den Abstand des Anschlages vom zweiten Fusspunkt nicht, variirt aber die Belastung, so bleibt der Hebel um so kürzere Zeit am Anschlag liegen, je grösser die Belastung ist. Der Hebel bleibt dann nur so lange an der Hemmung liegen bis die Beschleunigung durch die Schwere die Beschleunigung durch die Verkürzungskraft überwiegt. (Um vergleichbare Werthe zu erhalten.

muss man natürlich die Zuckung des belasteten Muskels von der Abscisse aus erfolgen lassen, bis zu der er durch die angehängte Belastung gedehnt worden ist und nicht etwa den Muskel bis zur Abscisse des minimal belasteten heben.) Man kann demnach für jede Temperatur und jede Belastung eine Anschlagshöhe finden, wo die Endstücke der Anschlagszuckung und der isotonischen Zuckung zusammenfallen (vergl. Schenck[1]) was übrigens ohne besonderes Interesse ist.

Führt man einen solchen Versuch zuerst an einem minimal belasteten Muskel aus (Fig. X), belastet dann den Muskel mit 15 g an der Axe, so dass der Curvengipfel etwas unter dem zweiten Fusspunkt liegt und wiederholt die Anschlagsversuche so zwar, dass die Anschläge in annähernd derselben Entfernung von der Dehnungsabscisse erfolgen, wie im vorhergehenden Versuch, so bleibt jetzt der Hebel merklich längere Zeit an der Hemmung liegen als bei dem gleichen Versuch am unbelasteten Muskel. In der Fig. 11, welche diesen Versuch wiedergibt, ist noch eine weitere Anschlagszuckung gezeichnet, wo der Anschlag noch näher zum Curvengipfel erfolgt. Der höchste Anschlag in Curve10, welcher dem zweiten Fusspunkt entspricht, liegt höher als der Gipfel der von der Dehnungsabscisse aus gezeichneten Curve 11.

Will man sich nun eine Vorstellung verschaffen von der Grösse, welche die Verkürzungsenergie in irgend einem Zeitelement während der Lage des Hebels an der Hemmung besitzt, so entfernt man die Hemmung in dem betreffenden Moment, was elektromagnetisch leicht zu bewerkstelligen ist.

Die Beschleunigung, welche das freie Muskelende im Momente der Entfernung der Hemmung erfährt, ist bedingt durch den Zuwachs der Verkürzungsenergie in diesem Moment. Entfernen wir die Hemmung bei in gleicher Höhe erfolgendem Anschlag in immer späteren Momenten, so gibt uns die Höhe der betreffenden Zuckungen ein Bild von der zeitlichen Entwicklung der Verkürzungsenergie bei einer bestimmten Belastung. Entfernen wir dagegen die Hemmung immer in demselben Zeitmoment, lassen aber den Anschlag immer näher zur Abscisse

1) Fr. Schenk, Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 57 S. 606.

des zweiten Fusspunktes erfolgen, so bekommen wir durch Vergleichung der eintretenden Zuckungen eine Vorstellung von dem Einfluss der wechselnden Belastung auf die Entwicklung der Verkürzungsenergie und auch von der Art ihrer Abnahme bei der Annäherung des freien Muskelendes an die Abscisse des zweiten Fusspunktes.

Fig. 13, 14, 15 und 16 zeigen derartige Versuche am stubenwarmen Muskel. 13, 14 u. 15 sind am unbelasteten Muskel ausgeführt (13 und 14 an demselben Muskel). In Fig. 16 war der Muskel mit 20 g an der Axe belastet. Fig. 17, 18, 19 u. 20 sind gleichartige Versuche an stark abgekühlten Muskeln; 17, 18 und 19 sind wieder an unbelasteten Muskeln, 20 an einem mit 50 g an der Axe belasteten Muskel angestellt worden. In Fig. 19 entsprechen die Curven a und a' und b und b' demselben Zeitelement in Bezug auf die Beseitigung der Hemmung, diese liegt aber in den Curven a' und b' dem zweiten Fusspunkt bedeutend näher als in den Curven a und b.

Diese an abgekühlten Muskeln angestellten Versuche haben ein besonderes Interesse noch dadurch, dass sie uns den Einfluss der Temperatur auf die Form der Zuckungscurve in vorzüglicher Weise demonstriren.

Wir erkennen, dass der Einfluss der Temperatur nur darin besteht, dass die Vertheilung der Verkürzungsenergie auf die Zeit eine andere wird. Verändern wir diese durch einen Kunstgriff so zwar, dass wir den Kraftzuwachs in einem bestimmten Zeitelement mehr oder weniger vergrössern, so führt der auf 0° oder 2° C. abgekühlte Muskel Zuckungen aus, die sonst nur an höher temperirten Muskeln beobachtet werden.

Der absteigende Schenkel der Zuckungscurve.

Stellen wir uns vor, dass der durch die Verkürzungskraft bedingte Vorgang morphologisch etwa darin bestehe, dass die anisotropen Theilchen zwischen die isotropen Theilchen hineingeschoben werden, so würde die Rückkehr des Muskels zur Ruhelage darauf beruhen, dass, nachdem die Verkürzungskraft zu wirken aufgehört hat, die anisotropen Theilchen wieder heraus-

gleiten und ihren alten Platz einnehmen. Die Curve, welche diesen Vorgang ausdrücken würde, wäre die natürliche Form des absteigenden Schenkels. Diese können wir jedoch nur annäherungsweise zur Darstellung bringen, da wir einen, wenn auch minimalen Grad von Belastung für die graphische Darstellung nicht entbehren können.

Es leuchtet ein, dass die grösste Annäherung an die natürliche Form des absteigenden Schenkels dann erreicht wird, wenn der Gipfel der Zuckungscurve des minimal belasteten Muskels mit dem zweiten Fusspunkt zusammenfällt. In diesem Falle ist der die natürliche Form verunstaltende Einfluss am geringsten.

Der Curvengipfel des minimal belasteten Muskels fällt mit dem zweiten Fusspunkt zusammen, wenn wir den Muskel auf 0° C. abkühlen. Der absteigende Schenkel der Curve 1 in Fig. 8 würde also die der natürlichen am meisten angenäherte Form des absteigenden Schenkels zur Anschauung bringen.

Es wäre aber denkbar, dass die starke Abkühlung die Form des absteigenden Schenkels beeinflusse, dass also diese Form auch eine Function der Temperatur sei. Die Form des aufsteigenden Schenkels steht nur insofern unter dem Einfluss der Temperatur, als die Entwicklung der Verkürzungskraft in hohem Grade von der Temperatur abhängig ist. Liesse sich nachweisen, dass auch die natürliche Form des absteigenden Schenkels von der Temperatur abhängig sei, so wäre damit geradezu ein Beweis geliefert, dass die Rückkehr des Muskels zu seiner Ruhelage auf einer besonderen Ausdehnungsenergie, einen »zweiten Process« beruhe.

Lassen wir den minimal belasteten Muskel bei höherer Temperatur zucken, so geht die Zuckungscurve über den zweiten Fusspunkt hinaus. Man kann den über den zweiten Fusspunkt gelegenen Theil der Zuckungscurve nicht anders auffassen, als beruhend auf eine Compression elastischer, im Muskel befindlicher Widerstände. Die dadurch geweckte Druckelasticität wirft das freie Muskelende mit so erheblicher Wucht gegen die Abscisse des ersten Fusspunktes zurück, dass diese trotz der minimalen Belastung häufig, bei Temperaturen über 20° C. fast

immer, überschritten wird. (Wie gering die Trägheit des benützten Hebels ist, geht aus den geringen elastischen Nachschwingungen hervor, auch wenn die Zuckungen unter dem Einfluss der Temperatur (30° C.) so hoch werden wie in Fig. 21.)

Belasten wir den Muskel, so steht der absteigende Schenkel unter dem beschleunigenden Einfluss des Gewichtes. Sobald die Zuckung in Folge von Belastung nicht über den zweiten Fusspunkt hinausgeht, ist die Form des absteigenden Schenkels abhängig von der algebraischen Summe der durch Verkürzungskraft und Schwere bedingten Geschwindigkeiten. Ist der negative Werth dieser Summe ein geringer, wie bei einer Belastung, die den Curvengipfel nur wenig unter den zweiten Fusspunkt herabdrückt oder bei sehr starker Belastung, wo die Curve sich nur wenig über die Abscisse des ersten Fusspunktes erhebt, so ist der absteigende Schenkel weniger steil. Wächst der negative Werth der algebraischen Summe der Geschwindigkeiten, wie bei mittleren Belastungen, so wird der absteigende Schenkel entsprechend steiler.

Ist die Belastung gerade so gewählt, dass der Curvengipfel mit dem zweiten Fusspunkt zusammenfällt, so ist der negative Werth der Summe der Geschwindigkeiten trotz der geringen Belastung relativ gross, weil der positive Summand, die durch die Verkürzungsenergie bedingte Geschwindigkeit, gleich Null geworden ist.

Wenn wir nun bei irgend einer Temperatur die Belastung so wählen, dass der Curvengipfel mit dem zweiten Fusspunkt zusammenfällt, und wir entlasten den Muskel auf dem Curvengipfel, so steht der absteigende Schenkel nur unter dem Einflusse der Minimalbelastung durch den Hebel, und ein etwa vorhandener Einfluss der Temperatur müsste sich geltend machen. Führt man nun einen derartigen Versuch bei irgend einer Temperatur aus, entlastet also auf dem Curvengipfel, so sinkt der Hebel in einer Curve gegen die Abscisse, die bei allen Temperaturen gleich ist dem absteigenden Schenkel der Zuckungscurve des minimal belasteten auf 0° C. abgekühlten Muskels. Vergleiche Fig. 5.

Damit schwindet jede Wahrscheinlichkeit, dass die Rückkehr des Muskels zu seiner Ruhelage auf einem besonderen »zweiten Process« beruhe.

Die Bedeutung des absteigenden Schenkels der Zuckungscurve ist je nach den Bedingungen, unter denen die Zuckung erfolgt, eine durchaus verschiedene. Nur beim unbelasteten auf 0° C. abgekühlten Muskel zeigt er uns annähernd, wie der Muskel aus der zweiten natürlichen Form zur natürlichen Form der Ruhe zurückkehrt. Steigt die Temperatur, so steht der absteigende Schenkel unter dem Einfluss der durch Hinausgehen der Zuckung über den zweiten Fusspunkt geweckten Druckelasticität. Steigt die Belastung, so ist die Form des absteigenden Schenkels abhängig von der algebraischen Summe der durch Verkürzungskraft und Schwere bedingten Geschwindigkeiten. Nur in diesem Falle können wir den absteigenden Schenkel in Bezug auf die Verkürzungskraft als »Stadium der sinkenden Energie« bezeichnen.

Wir sind jetzt in der Lage, über die Natur der Kraft, welche durch einen maximalen Instantanreiz im Muskel ausgelöst, dessen Verkürzung herbeiführt, Folgendes auszusagen:

Die verkürzende Kraft wird unter allen Umständen gleich Null, wenn die Verkürzung des Muskels einen bestimmten Grad erreicht (das freie Muskelende bis zur Höhe des zweiten Fusspunktes gehoben worden ist). Die zeitliche Dauer der Verkürzungskraft nimmt mit steigender Temperatur ab, mit wachsender Belastung zu; die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Verkürzungskraft entwickelt, nimmt mit steigender Temperatur zu, mit wachsender Belastung ab. Ein besonderer, sogenannter zweiter Process im Sinne der Fick-Gad'schen Theorie, welcher die Grundlage einer »Ausdehnungskraft« darstellen würde, lässt sich nicht nachweisen.

Aus diesen Bestimmungen, die kein hypothetisches Element enthalten, sondern nichts sind als der streng erwogene allgemeine Ausdruck für die Resultate der beschriebenen Versuche, lassen sich alle Formen der Zuckungscurve ableiten, die wir durch

Veränderung der Temperatur und Belastung, durch Anschlag und Federgegenwirkung hervorrufen können. Wir können daraus z. B. ohne Weiteres ableiten, warum der Gipfel der isometrischen Zuckung zeitlich früher erreicht wird als der der isotonischen Curve: Der Curvengipfel des gegen eine starke Feder sich contrahirenden Muskels entspricht dem Zeitelement, wo der Kraftzuwachs am grössten ist.

Der Gipfel der isotonischen Zuckungscurve liegt der Zeit nach da, wo in der Zuckungscurve des unbelasteten Muskels die Beschleunigung gleich Null wird oder in einem späteren Moment.

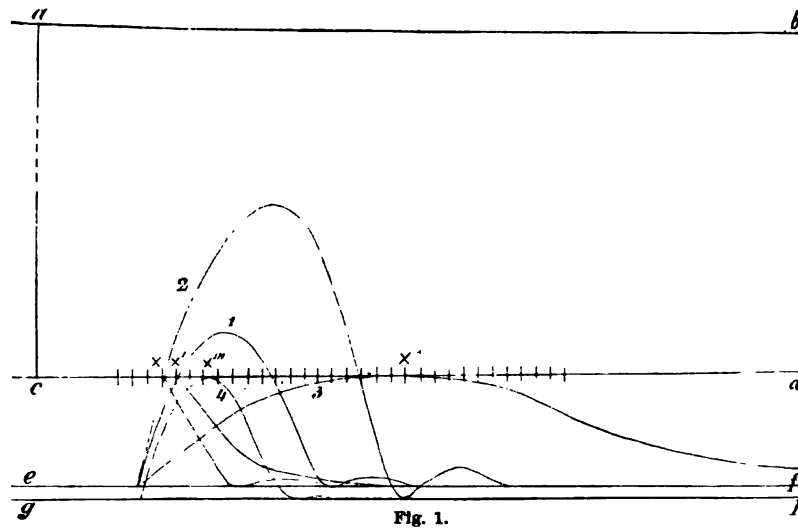


Fig. 1.

Die obenstehende Figur 1, die durch Uebereinanderpausen der entsprechenden Curven gewonnen worden ist, zeigt in übersichtlicher Form einige der wesentlichen Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung. *ab* ist der geometrische Ort des Fixationspunktes des Muskels; *cd* der geometrische Ort des zweiten Fusspunktes; *ac* die Ordinate des zweiten Fusspunktes. Die Curven 1, 2 und 3 sind vom unbelasteten Muskel bei 14°, 25° und 0° C. gezeichnet worden; *ef* ist ihre gemeinschaftliche Abscisse. Curve 4 ist von demselben Muskel bei einer Belastung von 20 g an der Axe gezeichnet worden, ihr Gipfel fällt auf den geometrischen Ort des zweiten Fusspunktes; *gh* ist ihre Dehnungsabscisse. Die

Curven 1 und 2 zeigen auch das gradlinige Absinken des Hebels bei im zweiten Fusspunkt erfolgendem Anschlag. Die Strichelung auf *cd* dem geometrischen Ort des zweiten Fusspunktes indicirt $^1/_{100}$".

Man erkennt, dass mit wachsender Temperatur die Geschwindigkeit, mit der sich die Verkürzungskraft entwickelt, zunimmt. Der aufsteigende Schenkel erreicht die Höhe des zweiten Fusspunktes um so später, je niedriger die Temperatur ist, bei welcher die Zuckung erfolgt; x' liegt 0,01" hinter x; x" 0,16" hinter x'. Dass die Geschwindigkeit, mit der sich die Verkürzungskraft entwickelt, mit wachsender Belastung abnimmt, zeigt ein Vergleich der Curve 4 mit Curve 1. . Der mit 20 g an der Axe belastete Muskel erreicht den zweiten Fusspunkt 0,02" später als der unbelastete Muskel bei gleicher Temperatur. Ferner erkennt man, dass die Hubhöhe des unbelasteten Muskels einfach mit der Temperatur wächst. Vergl. Curve 1, 2 und 3.

Ueber die Messung des Blutdrucks mit dem Sphygmographen.

Von

Rudolf Magnus,

cand. med.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg.)

(Mit Tafel IV.)

Die jetzt allgemein gültige Form von Blutwellenzeich
ist die des elastischen Manometers, wie solche mit Luftübertra
von Marey, Fick[1]), v. Frey[2]) u. a., solche mit Flüssigk
übertragung neuerdings von Hürthle[3]), Gad und Cowl[4])
gegeben sind. Das Princip dieser Apparate besteht darin,
die Bewegungen des Blutes durch das vermittelnde Medium
oder Flüssigkeit) auf einen elastischen Körper (Gummimembr
Feder) und von diesem auf den Schreibhebel übertragen we
Der lange Weg und die verschiedenen übertragenden M
welche die wiederzugebende Welle passiren muss, bedingen
Anzahl von Fehlern und Entstellungen der Curve. Beson
über die Vortheile und Nachtheile von Luft- und Flüssigk
übertragung hat in jüngster Zeit ein lebhafter Meinungsaust
stattgefunden. Die Nachtheile der Luftmanometer sind

1) Pflüger's Archiv Bd. 30 S. 597.
2) Archiv für Anat. u. Physiol. 1890, S. 31.
3) Pflüger's Archiv Bd. 43 S. 399.
4) Archiv für Anat. u. Physiol. 1890, S. 564.

Hürthle[1]) eingehend nachgewiesen, während andrerseits durch v. Frey[2]) das Verfahren der Flüssigkeitsübertragung der Ungenauigkeit geziehen worden ist.

Es erschien desshalb wünschenswerth, eine Methode zu besitzen, die dieses übertragende Medium ganz vermeidet, daher von den durch dasselbe bedingten Fehlern frei ist und in Folge dessen zur Prüfung jener Instrumente benutzt werden kann. Wenn man nun die elastische Membran und die Luft- oder Flüssigkeitssäule ausschaltet, statt ihrer die mit Blut gefüllte Arterie benutzt und die Bewegungen ihrer Wand direct mit dem Schreibhebel registrirt: mit anderen Worten, wenn man den Blutdruck durch den Sphygmographen aufzeichnen lässt, so hat man ein einfaches Verfahren, das diese Bedingungen erfüllt.

Diesem Zwecke dient der im Nachstehenden beschriebene Apparat. Seine Anwendung geschieht so, dass man von der freipräparirten Arterie — wir benutzten meist die Carotis des Hundes — ein Sphygmogramm aufnimmt, darauf den Druck Null in derselben herstellt, die Abscisse zeichnet und schliesslich die Arterie durch eine vorher eingeführte Canüle mit einem Quecksilbermanometer in Verbindung setzt, worauf man den Apparat für die einzelnen Drucke von 0 bis ca. 200—300 mm Hg genau so auswerthet, wie einen Hürthle'schen oder Gad'schen Wellenzeichner.

Den Druck Null in der Arterie stellt man in der Weise her, dass man das zum Versuche dienende Stück derselben durch Zuklemmen von der Circulation ausschaltet und nun entweder durch Oeffnen einer vorher eingeführten Canüle das Lumen mit der umgebenden Luft in Verbindung setzt, oder, wenn man die Canüle schon vorher mit dem Aichungsmanometer verbunden hat, in diesem den Nulldruck erzeugt. Zur Auswerthung benutzten wir das von Hürthle[3]) angegebene Quecksilbermanometer.

1) Pflüger's Archiv Bd. 53 S. 281 und Bd. 55 S. 319.

2) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1890. S. 31 und 1893, S. 1 u. 17.

3) Pflüger's Archiv Bd. 43 S. 421.

Hieraus ergeben sich die folgenden Versuchsanordnungen:

1. (Fig. 1.) Will man nur die pulsatorischen Druckschwankungen ohne ihre absoluten Werthe verzeichnen, so lässt man den Apparat (*Sph.*) einfach von der freipräparirten Carotis aus direct seine Bewegungen am Kymographion registriren.

2. (Fig. 2.) Wenn man den Blutdruck bei geschlossener Carotis, also den Seitendruck in der Aorta bestimmen will, so führt man eine endständige geschlossene Canüle (*K*) in die Carotis communis, zeichnet die Curve, klemmt dann herzwärts vom Sphygmographen (bei x) das Blutgefäss zu, öffnet die Canüle und kann dann die Abscisse zeichnen und aichen.

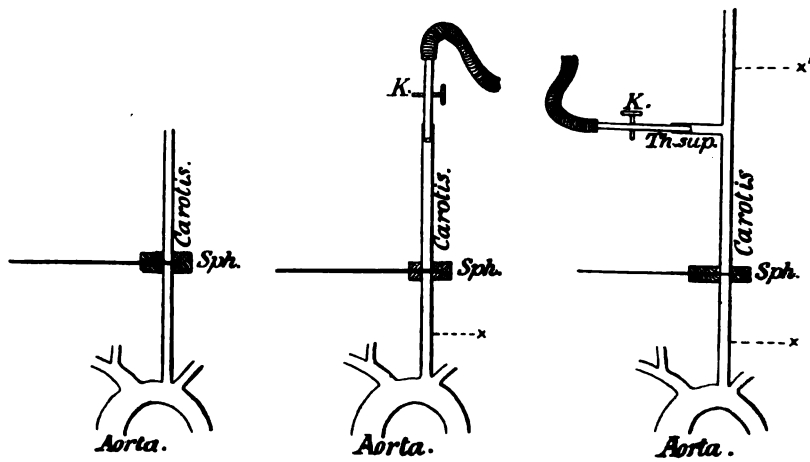


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

3. (Fig. 3.) Um bei offener Carotis den Seitendruck dieses Gefässes zu messen, ist es zweckmässig, keine T-Canüle anzuwenden, sondern lieber in einen abgehenden Ast eine endständige Canüle einzuführen, um die sonst leicht entstehenden Gerinnungen zu vermeiden. Zu diesem Zwecke benutzt man am besten die Art. thyreoidea superior (*Th. sup.*), die beim Hunde ein ziemlich starkes Gefäss darstellt, während die Carotis interna nur schwach ist. Die Präparation des Gefässes, das dicht am oberen Schilddrüsenrand abzweigt, und die Einführung der Canüle bieten gar keine Schwierigkeiten. Man zeichnet bei offner Carotis und geschlossener Canüle die Curve, klemmt dann central vom

Apparat (bei x) und peripher vom Abgang der Thyreoidea (bei x') zu, öffnet die Canüle, zeichnet die Abscisse und aicht.

Der Apparat (Fig. 4)[1]) setzt sich aus folgenden Theilen zusammen:

1. Die Unterlage der Arterie, die um *A* drehbar ist und durch die Feder *B* gegen die Schraube *C* gedrückt wird. Das Blutgefäss, das in der Figur durch ein Stückchen Gummischlauch angedeutet wird, ruht in einer Rinne auf der Elfenbeinplatte *D*, welche sich bei Verstellen der Schraube hebt oder senkt.[2])

2. Die Sphygmographenfeder, an der das kleine Elfenbeinwärzchen *E* befestigt ist, das der Arterie aufliegt und deren Bewegungen mitmacht. Das Ende der Feder ist nach oben umgebogen und überträgt die Excursionen auf den Schreibhebel *F*.

3. Die Schreibvorrichtung: Der Schreibhebel *F* ist 140 mm lang und ist, um zwei feine Spitzen drehbar, in der Gabel G aufgehängt. Er ist über den Drehpunkt hinaus verlängert und sein Ende wird durch den Zug der Spirale *H* nach oben gezogen, der Schreibhebel also dauernd gegen die Sphygmographenfeder gedrückt. Der Aufhängungspunkt der Spirale ist durch die Schraube *J*, die sich an ihrer Axe auf und nieder bewegen lässt, verschieblich, so dass man die Spirale stark oder schwach spannen kann.[3]) Die Gabel *F* und die Axe der Schraube *J* sind an der Stützplatte *K* befestigt.

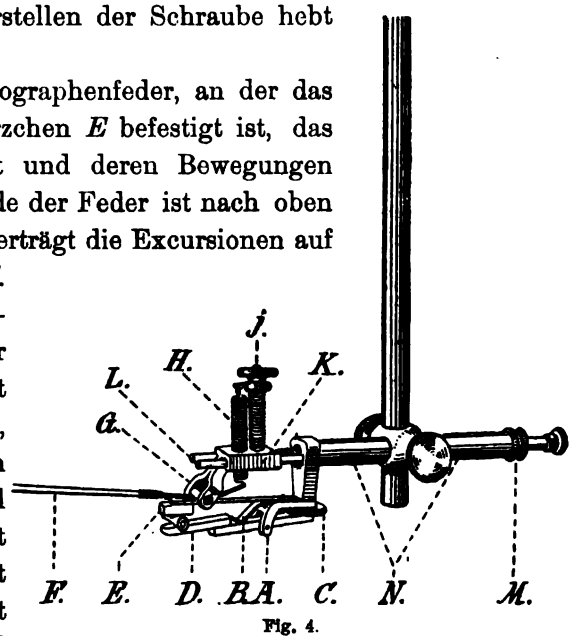


Fig. 4.

1) Verfertigt von Fr. Runne, Heidelberg.
2) In der Figur 4 gesenkt.
3) In der Figur 4 starke Spannung.

4. Diese ganze sub 3 geschilderte Schreibvorrichtung lässt sich an den Zapfen *L* horizontal verschieben, was durch Drehen der Schraube *M* bewirkt wird (durch Vermittlung eines Stabes, der an der Stützplatte *K* der Schreibvorrichtung befestigt ist und durch den hohlen Träger *N* des Apparates hindurchgeht). Dadurch wird der Angriffspunkt der Sphygmographenfeder am Schreibhebel und damit die Hebelvergrösserung geändert.

Es ist also an diesem Apparat veränderlich:

1. Die Hebelvergrösserung durch Schraube *M*.
2. Die Kraft, mit der der Schreibhebel gegen die Sphygmographenfeder gedrückt wird durch Schraube *J*.
3. Die Unterlage der Arterie durch Schraube *C*.

Es empfiehlt sich, das Instrument so anzulegen, dass die Arterie möglichst in ihrer natürlichen Lage bleibt und nicht etwa gedehnt oder herausgezerrt wird, weil sich dadurch ihre Elasticität ändert und es möglich wäre, dass das Gefäss wie eine gedehnte Saite als Ganzes schwingen könnte. Vor dem Austrocknen und Starrwerden der Wand bewahrt man die Arterie durch öfteres Befeuchten mit physiologischer Kochsalzlösung.

Das, was der Apparat verzeichnet, sind nicht die reinen Bewegungen der Arterienwand. Diese wird vielmehr durch den Druck der Sphygmographenfeder entspannt, so dass es der Blutdruck ist, der der Feder das Gleichgewicht hält. Es wird also der Blutdruck registrirt. Die Bewegungen der Arterienwand sind viel zu wenig ausgiebig, als dass sie zum Pulszeichnen benutzt werden könnten[1]). Der Grad der Entspannung wird durch Anziehen der Spirale *H* regulirt. Dadurch wird gleichzeitig der Apparat gedämpft. Will man letzteres vermeiden, so braucht man nur die Unterlage *D* der Arterie zu heben, um diese stärker gegen die Sphygmographenfeder zu drücken.

Schon im Jahre 1880 hat Talma[2]) ein »Tonometer« angegeben, das sphygmographisch von der freigelegten Arterie aus

1) Vgl. Talma, Pflüger's Archiv Bd. 23 S. 224 und Hirschmann, ibid. Bd. 56 S. 406.

2) a. a. O.

schrieb. Bei diesem Instrumente wurde zum Zwecke der Auswerthung ein- für allemal der Druck in Gramm bestimmt, den die Sphygmographenfeder bei einer bestimmten Verbiegung ausübte und daraus durch Rechnung der Druck ermittelt. — Dass in der That ein von der freigelegten Arterie gewonnenes Sphygmogramm den Verlauf des Blutdrucks richtig wiedergibt, war schon von Rollet[1]) vermuthet und wurde neuerdings durch Versuche, die auf Hürthle's Veranlassung von Hirschmann[2]) angestellt wurden, bestätigt.

Was die Leistungen unseres Apparates anbetrifft, so liefert derselbe wohlcharakterisirte Curven. An denselben vermisst man Bogen- und Wellenlinien; vielmehr findet man meist scharfe Ecken und gerade Linien. Dieses spricht für die Treue der Wiedergabe. Denn es können wohl durch einen Sphygmographen Bewegungen in der Form von eckigen geraden Linien als bogenförmige Curven aufgezeichnet werden, nie aber umgekehrt, bogenförmige Bewegungen in eckige verwandelt werden. Curven mit solchen Wellenlinien, wie sie Hürthle (Pflüger's Archiv Bd. 47 Taf. III) abbildet[3]), wie sie auf Taf. III Fig. 10a und b oben zu sehen sind und wie sie auch der Gad'sche Wellenzeichner liefert, haben wir niemals erhalten.

Die Form der Curven ist eine ziemlich constante. Für den Hund ist diese aus Taf. III ersichtlich. Auf eine primäre Welle von meist steilerem Anstieg und langsamerem Abfall setzen sich verschiedene Erhebungen auf. Die erste ist eine rasch ansteigende und rasch wieder absinkende spitzige Zacke. Darauf folgt ein Plateau, das aber meist nicht einfach ist, sondern mehrere Erhebungen erkennen lässt, von denen die Zacke am Anfang gewöhnlich am ausgesprochensten ist. Dass diese letztere nicht

1) Hermann's Handbuch der Physiologie Bd. 4 H. 1 S. 298.

2) a. a. O.

3) Herr Professor Hürthle hatte die Freundlichkeit, mir mitzutheilen, dass er selbst diese Curven nicht für richtig, sondern deshalb erst ansieht, weil das Manometer bei diesen Versuchen nicht gedämpft war. Uebrigens bildet auch Hürthle Curven ab, die mit den unserigen übereinstimmen. Vergl. Pflüger's Archiv Bd. IL, Tafel III Fig. 11a und Tafel VI Fig. 24a und 25. — Vgl. auch diese Arbeit Tafel III Fig. 13 oben.

die Folge einer Nachschwingung von der ersten secundären Welle her sein kann[1]), sieht man aus den Curven Taf. III Fig. 6. Dort ist zwischen die beiden Erhebungen noch eine kleinere Zacke eingeschaltet, die bald ansteigenden, bald aber horizontalen Verlauf hat und sich auch auf anderen Curven wiederfindet. Obwohl diese die Continuität der Schwingung unterbricht, findet sich doch die Zacke am Anfang des Plateaus. — Auf letzteres folgt eine Senkung und dann eine oder zwei sogenannte diastolische Wellen. Der darauf folgende Abfall ist, wie bei den Hürthle'schen Curven, wellenfrei.

Die Curven sind bald anakrot, bald katakrot; und zwar kann die höchste Erhebung vom ersten steilen Anstieg (Fig. 3) bis zum Ende des Plateaus, kurz vor der diastolischen Welle, fallen. (Fig. 1 u. 9.)

Die einzelnen Pulse sind im Vergleich zum mittleren Blutdruck sehr hoch, noch höher als die von Hürthle veröffentlichten. So beträgt z. B. bei den Curven der Fig. 1 der mittlere Blutdruck 187 mm Hg, die Höhe eines einzelnen Pulses 80 mm Hg. Beide verhalten sich also wie 1 : 2,3. Es kommt gar nicht so selten vor, dass die pulsatorische Druckschwankung einen grösseren Betrag hat, als das Druckminimum. In Fig. 6 ist letzteres 69 mm Hg, während die Pulshöhe, gemessen bis zur 2 (!) secundären Erhebung, schon 81 mm Hg beträgt.

Dass auch grössere Druckschwankungen gut wiedergegeben werden, sieht man aus Fig. 7, wo eine Vagusreizung registrirt ist.

Die Aichung der Arterie (Fig. 2, 11, 12) zeigt, dass die Excursionen nahezu proportional dem Druck erfolgen. Infolge dessen geben auch die Curven unmittelbar ein richtiges Bild von dem Verhältniss von Puls- und Druckhöhe. Diese verhalten sich auf Fig. 1 wie 1 : 2,3 im mm Hg, während die Ausmessung mit dem Millimetermaass das Verhältniss 1 : 2,6 ergibt. Gerade

1) Bayliss u. Starling (Internat. Monatsschrift f. Anat u. Physiol. 1894, S. 431) begründen dasselbe damit, dass die zweite Zacke oft höher als die erste ist, dass die Zacken eine andere Periode haben, als die Periode der Eigenschwingungen ihres Instrumentes, und dass der Abstand zwischen ihrer 1. und 2. Zacke kleiner ist, als der zwischen der 2. und 3. — Uebrigens stimmen die von uns gewonnenen Curven gut mit den von B. u. St. gewonnenen überein.

dieses Verhalten ist der Hauptgrund, weshalb ich mir die Methode zu veröffentlichen erlaube. Denn die elastischen Manometer mit Flüssigkeitsübertragung entstellen jenes Verhältniss meist so, dass man ohne genaue Ausmessung sich durch die Anschauung kein Bild von den Beziehungen zwischen Pulshöhe und Blutdruck machen kann.[1])

Nur auf eines ist noch bei der Ausführung der Aichung zu achten. Der Schreibhebel wird durch den Zug der Feder *H* (Fig. 4 im Text), der durch die Schraube *J* veränderlich ist, mit einer gewissen Kraft gegen die Sphygmographenfeder resp. die Arterienwand gedrückt. Arbeitet man mit geringster Federspannung, so ist diese Kraft meist so gering, dass auch schon bei niederen Werthen (10 mm Hg) ein Ausschlag erfolgt (siehe Aichung Fig. 11). Wendet man aber mittlere oder starke Federspannung an, so wächst die Kraft, und die Arterie verhält sich, als wenn sie belastet wäre. Deshalb kann erst dann ein Ausschlag des Schreibhebels erfolgen, wenn der Druck im Blutgefäss so hoch geworden ist, dass er die Belastung überwinden kann. So kommt es, dass bei dieser Art der Anwendung des Apparates die Abscisse nicht dem Nulldruck, sondern einem höheren Werthe entspricht, dem Werthe, bei dem während der Aichung zuerst ein Ausschlag erfolgt. In der Aichung Fig. 12, die bei stärkster Federspannung aufgenommen ist, entspricht so die unterste Linie einem Druck von 105 mm Hg.

Die gerinnungshemmende Flüssigkeit — 25% Magnesiumsulfatlösung (Hürthle) — übt keinen schädigenden Einfluss auf die Elasticität des Arterienrohres aus. Um dieses festzustellen, wurden herausgeschnittene Carotiden in den Sphygmographen eingespannt und auf ihre Aichungswerthe untersucht, während sie 1. mit Kochsalzlösung von Körpertemperatur; 2. mit Kochsalzlösung von Zimmertemperatur; 3. mit Magnesiumsulfatlösung gefüllt waren. Dabei ergab sich, dass nur die Füllung mit er-

1) Mit Hürthle's und Gad's Wellenzeichnern haben wir niemals so günstige Proportionen bekommen. So erhielten wir mit Hürthle's Manometer Werthe wie 6,1 : 1 statt 4,2 : 1 und 4,7 : 1 statt 3,0 : 1; mit Gad's Apparat 5 : 1 statt 2 : 1 und 8,5 : 1 statt 2,6 : 1.

wärmter Kochsalzlösung unsichere und inconstante Werthe ergab[1]), während sowohl Kochsalzlösung von Zimmertemperatur (Fig.12) als Magnesiumsulfatlösung(Fig.11)gute und constante Aichung erlaubte.

Um die Eigenschwingungen des Apparates zu prüfen, wurden folgende Versuche gemacht: Es wurde anstatt der elastischen Sphygmographenfeder ein starrer, um feine Spitzen sehr leicht beweglicher Bügel zur Befestigung des Elfenbeinwärzchens *E* verwendet. Dabei wurde festgestellt, dass jedenfalls die Feder nicht im Nachtheil ist; eher sind die mit ihr gewonnenen Curven noch präciser und eckiger, während die Bügelcurven eine Neigung zu runden Contouren erkennen lassen (Fig. 4 und 9). — Der Einfluss des Hebels wurde dadurch bestimmt, dass mit wechselnder Vergrösserung, d. h. wechselnder Länge des Hebels geschrieben wurde, ohne dass sich dabei die charakteristische Form eines Pulses wesentlich änderte.

Dämpft man den Apparat mittels Anziehens der Spirale *H* so treten genau dieselben Erhebungen wie bei schwacher Spannung derselben auf. Nur sieht man, dass die Fähigkeit des Apparates sich rasch einzustellen, bei stärkster Dämpfung gelitten hat, und dass deshalb die Gestalt der Pulslinie eine mehr verwischte und abgerundete wird (Fig. 5 untere Reihe). Wir haben deshalb meist mit schwächster Federspannung gearbeitet und nur bei sehr grossen Hunden mit dicken Blutgefässen stärkere angewendet. Immerhin ist es von Vortheil, die Möglichkeit zu besitzen, durch zeitweiliges Dämpfen die Angaben des Sphygmographen controliren zu können.

Ich bin auf den Einwand gefasst, der ja allen ähnlichen Instrumenten nicht erspart blieb, dass die so deutlich ausgesprochenen Zacken am Anfang jedes Pulses nicht von der Blutbewegung herrühren könnten, sondern vielmehr der Ausdruck seien von Schleuderbewegungen, die der Schreibhebel ausführe. Ja, Hoor-

1) Vermuthlich, weil bei der höheren Temperatur die Erregbarkeit der glatten Gefässmuskulatur steigt und sich in Folge dessen der Tonus der Arterienwand während des Versuches leichter ändert. Da die glatten Muskeln sich bei höherer Temperatur dehnen, so war eine gleichmässige Erschlaffung des Arterienrohres erwartet worden, die sich jedoch durchaus nicht constant fand.

weg[1]) hat sogar ausgesprochen, dass die wahre Gestalt (Fig. 5) der Pulscurve die sei, wo eine solche Erhebung (*l n m*) vollkommen fehle und der Anstieg direct in das Plateau übergehe. Dem gegenüber möchte ich darauf hinweisen, dass der Schreibhebel nicht die einzige bewegte träge Masse ist und einer andern gegenüber, falls er nur leicht genug ist, wenig in Betracht kommt, nämlich dem bewegten Blute selbst. Durch jede Systole wird erstens im Gefässsystem eine Welle erzeugt, zweitens aber die Blutsäule im Arterienrohr durch den plötzlichen Stoss in eine vorwärts strömende Bewegung versetzt, welche, da das Blut ein schwerer Körper ist, eine Schleuderwirkung hervorruft, als deren Ausdruck ich die erste steile Zacke (*l n m*) betrachte. Ich glaube nicht, dass es gelingen wird, durch Verminderung der trägen Masse des Schreibhebels je dieselbe zu beseitigen, weil sie nicht von ihm, sondern vom bewegten Blute selbst herrührt.

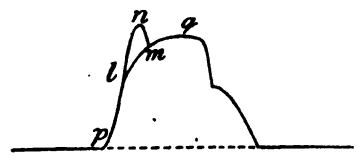


Fig. 5.
(Nach Hoorweg.)

Zeigt doch auch Landois' »haemautographische Curve«[2]), die das aus dem angeschnittenen Arterienrohr ausspritzende Blut selbst auf einer verbeigezogenen Tafel verzeichnet, ohne dass ein Schreibhebel benutzt würde, eine stark ausgeprägte erste Zacke.

Die Neigung der Curven, bei peripher geschlossener Arterie eine sehr stark ausgeprägte erste Zacke und katakroten Charakter zu zeigen, während sie bei offner wegsamer Carotis mehr zum anakroten Typus neigen, beruht offenbar darauf, dass bei ersterer Anordnung das systolisch in das Blutgefäss einströmende Blut, das durch den Verschluss in seiner Bewegung gehemmt wird, eine Stosswirkung auf die Arterienwand ausübt, die natürlich bei freiem Wege geringer ist.

Um die Leistungen unseres Apparates mit denen der bis jetzt benutzten vergleichen zu können und um gleichzeitig festzustellen, in wieweit die Ausschaltung des übertragenden Mediums

1) Pflüger's Archiv, Bd. 46 S. 157 u. 175.
2) Landois, Lehrbuch der Physiologie, 1893, S. 130.

eines elastischen Manometers wirklich von Vortheil sei, wurde er mit dem am besten beschriebenen und in seinen Leistungen am eingehendsten discutirten, dem Hürthle'schen (Gummi-) manometer in Concurrenz gebracht. Es wurde mit beiden Einrichtungen von je einer Carotis desselben Thieres aus gleichzeitig Curven geschrieben. Fig. 10 *a* und *b*, die vom Kaninchen gewonnen wurden, zeigen von unserem Apparate (unten) wohlcharakterisirte Curven von der oben beschriebenen Form, während das Hürthle'sche Manometer (oben) Schwingungen in Form der Sinuskurve, die ausserdem verspätet eintreffen, verzeichnete. Es ist oben schon bemerkt worden, dass sich solche Curven auch in den Hürthle'schen Abhandlungen abgebildet finden, und weshalb sie als entstellt anzusehen sind. Bei einem zweiten gleichen Versuche jedoch, der am Hunde angestellt wurde, ergaben sich von beiden Wellenzeichnern genau übereinstimmende Curven (Fig. 13). Sowohl der zeitliche Verlauf als alle Einzelheiten decken sich fast vollständig. Nur wenn man sehr genau vergleicht, sieht man, dass die Flüssigkeits-Manometer-Curven, besonders am Plateau, abgerundetere Formen zeigen, als die Sphygmographen-Curven. Wohlgemerkt haben die vom Hürthle'schen Apparate gezeichneten Curven hier dieselbe Form, wie sie oben als charakteristisch beschrieben wurde; so dass also dieser Versuch jedenfalls für die Treue unseres Instrumentes spricht.

In Vorstehendem glaube ich gezeigt zu haben, dass die angegebene Methode der Messung des Blutdrucks mit dem Sphygmographen als eine brauchbare anzusehen ist, und dass der beschriebene Apparat den an ihn gestellten Anforderungen entspricht.

Ich möchte nicht schliessen, ohne meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrath W. Kühne, für die Anregung zu dieser Arbeit und die vielfache Unterstützung, die er mir zu Theil werden liess, sowie Herrn Dr. Kaiser für die freundliche Hülfe bei der Ausführung der Experimente meinen herzlichsten Dank zu sagen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Hund. Morphiumnarcose. Carotis peripher abgeklemmt (s. Fig. 2 im Text). Curven und Abscisse.

Fig. 2. Aichung zu Fig. 1 von 0—310 mm Hg in Abständen von 10 mm Hg.

Fig. 3. Hund. Morphiumnarcose. Carotis abgeklemmt (s. Fig. 2).

Fig. 4. Do. Sphygmograph mit Bügel (s. S. 186) statt der Sphygmographenfeder armirt. Schneller Gang des Kymographions.

Fig. 5. Hund. Morphiumnarcose. Carotis abgeklemmt. Obere Reihe: schwache Spannung der Spirale *H* (s. Fig. 4 im Text). Mittlere Reihe: mittlere Spannung. Untere Reihe: starke Spannung.

Fig. 6. Hund. Morphiumnarcose. Carotis abgeklemmt.

Fig. 7. Do. Künstliche Athmung, Curare, Durchschneidung beider Vagi. Vagusreiz.

Fig. 8. Hund. Morphiumnarcose. Carotis offen (s. Fig. 1). Schwache Hebelvergrösserung.

Fig. 9. Do. Starke Hebelvergrösserung. Sphygmograph mit Bügel (s. S. 186). armirt.

Fig. 10 a und b. Kaninchen. Präparation beider Carotiden. Von der linken schrieb unser Sphygmograph, von der rechten Hürthle's Gummimanometer. Verzeichnung der Curven beider Apparate übereinander: unten der Sphygmograph, oben der H.'sche Apparat.

Fig. 11. Hundecarotis herausgeschnitten, in den Sphygmographen eingespannt, durch eine Canüle mit dem Aichungsmanometer verbunden und mit Magnesiumsulfatlösung (25 %) gefüllt. Schwache Spannung der Spirale *H* (Fig. 4). Aichung 0—150 mm Hg.

Fig. 12. Do. Füllung mit physiologischer Kochsalzlösung, starke Spannung der Spirale *H*. Aichung 105—280 mm Hg.

Fig. 13. Hund. Morphiumnarcose. Anordnung wie bei Fig. 10. In der oberen Reihe die mit Hürthle's Manometer, in der unteren die mit unserm Apparate gewonnenen Curven.

Ernährungsversuche mit Drüsenpepton.

Von

Dr. phil. **Alexander Ellinger.**

(Aus dem physiologischen Institut zu München.)

A. Besprechung der vorhandenen Untersuchungen über den Nährwerth der „Peptone".

Es sind in den beiden letzten Jahrzehnten vielfach Fütterungsversuche mit den löslichen Verdauungsproducten der Eiweissstoffe angestellt worden. Man wollte ihren Nährwerth ermitteln, indem man zusah, ob das »Pepton« wie gewöhnliches Eiweiss wirkt, d. h. den Verlust von Eiweiss vom Körper verhütet und sogar Ansatz von Eiweiss hervorbringt, in welchem Falle es nach der Resorption wieder in das gewöhnliche Eiweiss übergehen muss, oder ob es nur die Rolle eines vorzüglichen Eiweissschützers wie etwa der Leim spielt. Je nach dem Ausfall dieser Versuche musste sich auch die Anwendung des »Peptons« bei Kranken richten, bei welchen in Folge von Störungen der Verdauungsorgane die in Wasser unlöslichen Eiweissstoffe nicht gelöst und daher nicht resorbirt werden. Beobachtungen am Menschen mussten dann noch die Entscheidung bringen, ob das »Pepton« gern gegessen und ertragen wird, und in welchen Mengen man es geben darf.

Die Reihe der Ernährungsversuche mit »Peptonen« wurde von Plosz und Maly eröffnet; die weiteren Arbeiten folgten

im Wesentlichen den Fortschritten, welche die Erkenntniss der Chemie der Eiweissverdauungs-Producte und späterhin die technische Darstellung der Peptonpräparate machte.

Zu einer Zeit, als die Physiologen geneigt waren, namentlich auf Grund der Untersuchungen von Brücke, Voit und Bauer, Czerny und Latschenberger, nach welchen auch unverändertes natives Eiweiss in die Säfte übergehen kann, nur diesem unverändert resorbirten Eiweiss die Fähigkeit zuzuschreiben, das verbrauchte Eiweiss der Gewebe zu ersetzen, haben zuerst Plosz und Maly unabhängig von einander die Frage zu entscheiden gesucht, ob nicht dieselbe Bedeutung für die Thierkörper auch die wasserlöslichen Verdauungsproducte des Eiweisses hätten.

Maly[1]) fütterte Tauben abwechselnd mit Weizenkörnern und mit »Pepton«, dem er eine entsprechende Menge von stickstofffreiem Nährmaterial (Stärkemehl, Fett etc.) zusetzte. Das Gewicht der Thiere blieb im Ganzen unverändert, ob er Nahrung von der einen oder von der andern Art oder ein Gemenge beider verfütterte. Bei steigender Peptonzufuhr war eher eine kleine Gewichtszunahme zu beobachten, die Maly auf die bessere Ausnützung der Nahrung im Darm zurückführte. Sein »Pepton« war ein mit Pepsin dargestelltes Verdauungsproduct des Fibrins, das aus dem Filtrat vom Neutralisationsniederschlage nach starkem Einengen der Lösung mit Alkohol gefällt und keiner weiteren Reinigung unterzogen war. Es stellte also nach Kühne'scher Bezeichnungsweise ein Gemenge von Albumosen und Amphopepton dar.

Plosz[2]) erzielte mit einem Futter, in welchem das Eiweiss durch »Pepton« ersetzt war, bei einem 10 Wochen alten Hunde von 1,3 kg Gewicht innerhalb 18 Tagen eine Gewichtszunahme von 501 g.

Den berechtigten Einwand, der gegen diese beiden Untersuchungen erhoben werden konnte, dass eine Gewichtszunahme

1) Maly, Ueber die chemische Zusammensetzung und physiologische Bedeutung der Peptone. Pflüger's Archiv 1874, Bd. 9 S. 585

2) Plosz, Ueber Peptone und Ernährung mit denselben. Pflüger's Archiv 1874, Bd. 9 S. 323.

kein Maassstab für den Ansatz von Eiweiss sei, und dieselbe auch bei ausschliesslicher Fütterung mit stickstofffreien Stoffen hätte erfolgen können, suchte Plosz in einer mit Gyergyai[1]) gemeinsam ausgeführten Arbeit durch die Controle der Stickstoffbilanz zu entkräften. Er fütterte einen 2,5 kg schweren Hund mit »Pepton« und stickstofffreien Stoffen 6 Tage lang und fand in dieser Periode einen Ansatz von 1 g Stickstoff. Doch auch dieser Versuch genügt, namentlich weil der Harn nicht direct aufgefangen wurde, nicht allen Anforderungen, wie Voit[2]) bereits in seiner Darstellung des Stoffwechsels hervorgehoben hat.

Ebenso wenig konnten die eingehenden und sorgfältigen Versuche von Adamkiewicz[3]) den Nährwerth des »Peptons« einwandsfrei entscheiden. Das Präparat, das er zur Fütterung verwandte, war durch eine kurze Pepsinverdauung erhalten und möglichst sorgfältig gereinigt; es bestand wohl fast ausschliesslich aus Albumosen. Adamkiewicz hat zwar in der Versuchstechnik alle von Voit in seinen Stoffwechselarbeiten geforderten Vorsichtsmaassregeln befolgt, die Klarheit seiner Versuchsresultate aber dadurch getrübt, dass er neben dem »Pepton« stets noch eiweisshaltige Nahrungsmittel z. B. Fleisch, Kartoffeln etc. reichte. Bei Zugabe von Pepton fand er stets einen Ansatz von Stickstoff, während ohne dasselbe der Körper des Thieres im Stickstoffgleichgewicht war oder noch Stickstoff von sich abgab. Er schloss daraus, dass das Pepton als Eiweiss zum Ansatz gelangt sei. Da aber neben dem Pepton immer auch Eiweiss gegeben wurde, ferner in allen Fällen der Eiweissansatz am Körper geringer war als die Zufuhr des gewöhnlichen Eiweisses und die Stickstoffausfuhr grösser als der Stickstoffgehalt des Peptons, so ist der andere Schluss ebenso gerechtfertigt, dass das Pepton ganz der Zerstörung anheim fiel, aber einen Theil des zugleich gegebenen nativen Eiweisses vor dem Zerfall schützte, welches dann angesetzt wurde. Die Schlüsse aber, die Adamkiewicz aus der

1) Plosz und Gyergyai, Ueber Peptone und Ernährung mit denselben. Pflüger's Archiv 1875, Bd. 10 S. 536.

2) C. Voit, Hermann's Handbuch d. Physiol. Bd. 6, H. 1, S. 121.

3) Adamkiewicz, Die Natur u. d. Nährwerth des Peptons. Berlin 1877.

Phosphorsäureausscheidung im Harn für die Natur des zersetzten Materials zieht, sind in keiner Weise beweiskräftig. Voit hat dieselben bereits in dem angeführten Werke widerlegt.

Einen beinahe einwandfreien, aber nur auf einen Tag sich erstreckenden Versuch veröffentlichte Adamkiewicz[1]) später. Er erzielte bei einem 20 kg schweren Hunde durch Darreichung von »Pepton« mit einem Gehalt von 7,75 g Stickstoff und 100 g Speck einen Ansatz von etwa 1,5 g Stickstoff am Körper (nach Abzug von 0,5 g Stickstoff für die vom Autor nicht berücksichtigte im Koth ausgeschiedene Stickstoffmenge, die allerdings auch grösser gewesen sein kann).

Anders als die bisher genannten Autoren beurtheilt Voit in seiner Stoffwechsellehre[2]) den Nährwerth der Peptone auf Grund der im Einzelnen nicht veröffentlichten Versuche von Dr. Feder im Münchener physiologischen Institute. Danach konnten sich Ratten mit einem Gemenge von »Pepton« Fett und Fleischextract auf die Dauer nicht erhalten. Sie gingen nach 7 Monaten zu Grunde, während die Controlthiere, die statt des Peptons ausgelaugtes Fleischmehl erhielten, am Leben blieben. Danach erschien es Voit am wahrscheinlichsten, dass das Pepton durch seine Zersetzung fast ganz oder ganz den Verbrauch von gelöstem Eiweiss in den Zellen und Geweben aufzuheben vermag, so dass bei einer genügenden Peptongabe nur so viel Eiweis als solches noch zugeführt werden muss, um die zu Verlust gegangenen organisirten Theile wieder aufzubauen, dass es also als Nahrungsstoff nicht die volle Bedeutung des Eiweisses besitzt, d. h. im Körper nicht in Eiweiss übergeht.

Die widersprechenden Resultate erklären sich wohl daraus, dass zu den Versuchen, wie mir Herr Prof. Voit mittheilte, das damals[3]) mittelst Trypsin hergestellte Sanders-Ezn'sche Fleisch-

1) Adamkiewicz, Ist die Resorption des verdauten Albumins von seiner Diffusibilität abhängig und kann ein Mensch mit Pepton ernährt werden? Virchows Archiv 1879, Bd. 75 S. 144.

2) Voit, a. a. O. S. 394.

3) Nach einer Veröffentlichung der Fabrik von Dr. H. Sanders wird jetzt das von ihr gelieferte Präparat ausschliesslich durch Einwirkung von Dampf gewonnen.

pepton verwendet wurde. Es handelt sich also um ein Präparat, das von dem der früheren Experimentatoren wesentlich verschieden war. Meine eigenen Versuche, die mit ähnlichem Material angestellt wurden, bestätigen für das Selbstverdauungsproduct des Pankreas Voit's Ansicht.

Die Untersuchungen Kühne's und seiner Schule über die Verdauungsproducte des Eiweisses, insbesondere die Arbeiten von Kühne und Chittenden: »Ueber die nächsten Spaltungsproducte der Eiweisskörper«[1]), »Ueber Albumosen«[2]) und »Ueber die Peptone«[3]) gaben die Anregung dazu, die Stoffwechselversuche mit schärfer charakterisirten Substanzen von Neuem aufzunehmen.

Pollitzer[4]) fütterte einen 4½ kg schweren Hund mit 70 g Reisstärke, 20 g Schmalz und 70 g Fleisch und ersetzte darauf das Fleisch durch nach Kühne's Vorschrift hergestelltes Amphopepton, dann durch Protalbumose je während zweier Tage, und endlich durch Heteroalbumose während eines Tages. Er fand bei annähernd gleichem Stickstoffgehalt der Nahrung in allen Fällen ungefähr gleichen Ansatz von Stickstoff am Körper, während er bei einem Controlversuch mit Gelatine einen bedeutenden Stickstoffverlust feststellen konnte. Man darf gewiss dem Schlusse Pollitzer's, dass dem Amphopepton sowie den Hemialbumosen etwa derselbe Nährwerth wie dem Eiweiss des Fleisches zukomme, beipflichten. Der tägliche Ansatz von 0,6 bis 0,8 g Stickstoff liegt wohl ausserhalb der Versuchsfehler trotz des Einwands, den Pollitzer sich selbst macht bezüglich des ungenügenden Sammelns des Harns und trotz der ziemlich willkürlichen Berechnung des Stickstoffgehalts in dem Kothe; denn dieser wurde nicht auf die einzelnen Fütterungsperioden abgegrenzt. Der Ansatz bei der Darreichung von Albumosen übertrifft sogar denjenigen bei Fleischfütterung um ein Beträchtliches. An den

1) Zeitschr. f. Biol. 1883, Bd. 19 S. 159.
2) Ebenda, 1884, Bd. 20 S. 11.
3) Ebenda 1886, Bd. 22 S. 423.
4) Pflüger's Archiv 1885, Bd. 37 S. 301: Ueber den Nährwerth einiger Verdauungsproducte des Eiweisses.

Peptontagen wurde ein diarrhöischer Koth entleert, was auf eine Reizung der Schleimhaut des Verdauungstractus schliessen lässt. Aber dies so wenig wie der Umstand, dass das von Pollitzer bereitete Pepton von den Albumosen nicht durch successives Fällen derselben mit gesättigter Ammonsulfat-Lösung in saurer, neutraler und alkalischer Lösung getrennt wurde, wie Kühne das in einer nach diesem Versuche erschienenen Abhandlung[1]) für nöthig erklärte, wird das wesentliche Resultat der Pollitzer-schen Arbeit beeinflussen können.

Immerhin war es erwünscht, diese Resultate in längeren Versuchsreihen bestätigt zu sehen. Dieser Aufgabe unterzog sich mit Erfolg V. Gerlach[2]). Er fütterte einen 3,6 kg und einen 5 kg schweren Hund in der gleichen Weise wie Pollitzer abwechselnd mit Fleisch und einem Albumosengemenge, das er aus dem Witte'schen Pepton, einem auf Adamkiewicz' Vorschrift dargestellten Präparat, nach Entfernung des wahren Peptons erhalten hatte. Die Fütterungsperioden erstreckten sich in zwei Fällen auf je 5, in einem sogar auf 15 Tage. In allen Versuchen zeigte der Hund einen mindestens ebenso beträchtlichen Stickstoffansatz wie bei Fleischfütterung. Die Genauigkeit der Zahlen wird allerdings auch hier wieder beeinträchtigt dadurch, dass ebenso wenig wie bei Pollitzer der Stickstoffgehalt der Extractivstoffe des Fleisches in Rechnung gezogen wurde, und dass eine Abgrenzung der täglich ausgeschiedenen Harnmenge, sowie des auf eine Versuchsperiode fallenden Kothes unterblieb. Verdauungsstörungen beobachtete Gerlach trotz der Ausdehnung seiner Versuche nicht. Von wahren Peptonen wurde nur das durch Trypsinwirkung aus Fibrin erhaltene Antipepton in den Kreis der Untersuchungen einbezogen, aber ohne dass ein positives Resultat erreicht wurde. Zwei Hunde erbrachen die Nahrung alsbald, ein dritter erkrankte an heftigen blutigen Diarrhöen.

1) Kühne, Erfahrungen über Albumosen und Peptone. Zeitschr. für Biol. 1883, Bd. 19 S. 1.

2) V. Gerlach, Die Peptone in ihrer wissenschaftlichen und praktischen Bedeutung. Hamburg u. Leipzig bei Leop. Voss, 1891.

Dagegen gelang es Gerlach, mehrere Versuchsreihen mit »Leimpeptonen« durchzuführen, die er durch Pepsinverdauung aus einem sorgfältig gereinigten Glutinpräparat erhielt. Vielleicht wird sein Material passender als eine »Glutose« bezeichnet, wie schon Ganz[1]) bemerkt, der Fütterungsversuche mit dem von C. Paal[2]) durch Salzsäureeinwirkung erhaltenen Glutinpepton anstellte. Gerlach gelangte bei seinen Versuchen zu dem interessanten Ergebniss, dass bei Darreichung von 3,59 g Stickstoff in Form von Leimpepton ein 4,8 kg schwerer Hund einen Stickstoffverlust von nur 0,06 g zeigte — eine eiweisssparende Wirkung, wie sie wohl sonst noch nirgends beobachtet wurde. Auch Imm. Munk[3]) fand bei seinen Versuchen über Leimfütterung nur $^5/_6$ vom Eiweiss-Stickstoff durch Leim ersetzlich.

Die Fehler der zuletzt besprochenen Untersuchungen vermied der eben genannte Autor[4]) in einer schon im Jahre 1888 an einem 14,5 kg schweren Hunde angestellten Versuchsreihe. Als Material diente ihm das fabrikmässig, durch Einwirkung des eingedickten Saftes von Carica Papaya auf fein zerkleinertes Fleisch, dargestellte leimfreie Antweiler'sche Präparat, welches nach seinen Bestimmungen 58,73% Albumosen und 5,1% Pepton enthielt. Daneben wurde Fett und Reis verfüttert. Ein Zwölftel des eingenommenen Stickstoffs wurde — und das macht auch diesen Versuch nicht völlig einwandfrei — in Form von Eiweiss im Reis gegeben. Es bestand namentlich in der zweiten, reineren Versuchsreihe stets nahezu Stickstoffgleichgewicht, ob Fleisch oder »Pepton« gegeben wurde. Da aber im Reis 0,789 g Stickstoff in Form von Eiweiss enthalten waren, so ist nicht sicher entschieden, ob das Pepton für alles Eiweiss eingetreten war und einen Ansatz von Eiweiss bewirkte. Im Ganzen konnte jedenfalls Munk die Resultate

1) Otto Ganz, Ein Fütterungsversuch mit C. Paal'schen Glutinpepton. Inaug.-Diss. Erlangen 1894.

2) C. Paal, Ueber die Peptonsalze des Glutins. Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1892, Bd. 25 S. 1202.

3) I. Munk, Beiträge zur Stoffwechsel- und Ernährungslehre. Pflüger's Archiv 1894, Bd. 58 S. 309.

4) Imm. Munk, Ueber den Nährwerth des Fleischpeptons (Albumosepeptons) v. Antweiler. Therap. Monatshefte 1888, S. 276.

Pollitzer's bestätigen. Die Stickstoffausscheidung im Koth stieg bei Verfütterung eines salzreichen Präparats gegenüber der Fleischperiode auf das Dreifache an, das salzärmere Präparat erhöhte dieselbe nicht so bedeutend und verminderte die zuerst beobachteten heftigen Diarrhöen.

Nachdem einmal die Thatsache als gesichert galt, dass die Albumosen den vollen Nährwerth des Eiweisses haben, hatten die Untersuchungen, die mit den Präparaten der verschiedenen Fäbriken angestellt wurden, im Wesentlichen nur noch die Bedeutung festzustellen, welchen Werth diese Fabrikate im Vergleich unter einander hätten. Für die ältesten dieser Handelspräparate, das Kochs'sche und Kemmerich'sche Fleischpepton beantwortete Zuntz[1]) diese Fragen. Bei Zugabe von Reis und Schmalz konnte er bei einem Hunde Stickstoffgleichgewicht, selbst einen kleinen Ansatz von Stickstoff erzielen, der aber auch hier geringer war als die mit dem Reis in Form von Eiweiss eingeführte Stickstoffmenge. Dagegen fand er bei vergleichenden Versuchen mit Fleisch und Fett einerseits, Pepton und Fett andererseits, dass das Pepton nicht als dem Eiweiss des Fleisches äquivalent bezeichnet werden könne. Es kann dieses Resultat indessen von einer unrichtigen Berechnung des Stickstoffwerthes im Pepton herrühren, für welche bei der Unvollkommenheit der Methode der Peptonanalysen eine sichere Grundlage fehlt. Auch Zuntz fand abnorm hohe Stickstoffzahlen im Koth und wiederholt diarrhöische Entleerungen.

Mit den genannten Präparaten experimentirte auch Emil Pfeiffer[2]) zunächst an Hunden, dann am Menschen. Die jungen Hunde ertrugen die Peptonnahrung nicht: ein mit dem Kochs'schen Präparat ernährter ging zu Grunde, während andere Diarrhöen und Eczeme bekamen.

Die Versuche am Menschen, sowohl von Pfeiffer mit Fleischpepton als die aller folgenden Beobachter mit anderen Pepton-

1) Zuntz, Ueber den Nährwerth der sog. Fleischpeptone. Pflüger's Archiv 1885, Bd. 37 S. 313.

2) Emil Pfeiffer, Ueber Ernährung mit Fleischpepton. Berlin. klin. Wochenschr. 1885, No. 30 S. 477.

präparaten haben im Wesentlichen nur ein klinisches Interesse und können daher hier in Kürze abgehandelt werden, vor allem deswegen, weil neben dem Stickstoff des Peptons stets noch Stickstoff in Form von Eiweiss gereicht wurde. Beiden Fleischpepton-Präparaten kommt — mehr lässt sich ja aus einem solchen Versuche nicht schliessen — ein Nährwerth zu, d. h. sie haben jedenfalls eine eiweissersparende Wirkung, indem unter ihrem Einfluss bei sonst ausreichender Kost der Stickstoffansatz — allerdings um einen geringeren Betrag als den in den übrigen Nahrungsmitteln zugeführten — zunahm, bei unzureichender Kost die Stickstoffabgabe vom Körper etwas geringer wurde.

Das Kochs'sche Präparat bewirkt stärkere Darmreizung und steht auch sonst aus klinisch praktischen Gründen hinter dem Kemmerich's zurück. Ein gleiches Resultat bezüglich des Nährwerthes ergaben auch die sorgfältigeren Stoffwechselversuche am Menschen, die J. Munk[1]) mit dem Antweiler'schen und Deiters und von Noorden[2]) mit dem Denaeyer'schen flüssigen Pepton anstellten. Bewiesen ist auch hier nur die eiweissschützende Wirkung der »Peptone«, da in den Fällen, wo überhaupt Stickstoffansatz erzielt wurde, dieser stets durch den Eiweissstickstoff der übrigen Nahrungsmittel vollauf gedeckt ist. Es gilt also von diesen Versuchen dasselbe, was von den ersten Thierversuchen Adamkiewicz' gesagt wurde. Erwähnung verdient noch die Thatsache, dass allein bei dem Munk'schen Versuche mit dem salzärmeren Antweiler'schen Präparat, das übrigens immer noch ca. 9% Salze enthält, die Stickstoffausscheidung im Koth keine besonders hohe war, sich vielmehr kaum von derjenigen bei Fleischnahrung unterschied.

Günstige Resultate in der Krankenernährung sahen auch C. A. Ewald und G. Gumlich mit dem sogenannten Kraftbier, einem Porter ähnlichen Getränke, das seine 0,61% Stick-

1) I. Munk, Ueber den Nährwerth des leimfreien Fleischpeptons von Antweiler beim Menschen. Deutsche medic. Wochenschr. 1889, No. 2 S. 26.

2) Deiters, Ueber die Ernährung mit Albumosepepton in C. v. Noorden's Beitr. zur Physiol. u. Pathol. des Stoffwechsels. I. Berlin 1892.

stoff meist in der Form von Albumosen enthält. Sowohl bei auskömmlicher als auch bei nicht hinreichender Stickstoffzufuhr durch die übrige Nahrung konnte durch Zugabe dieses Bieres ein beträchtlicher Stickstoffansatz bei Magenkranken erzielt werden. Es erwies sich also als ein guter Eiweisssparer.[1])

Besonderes Interesse haben endlich die mit dem neuesten Producte der Technik, der von den Elberfelder Farbenfabriken, vormals Bayer & Co., in den Handel gebrachten Somatose angestellten Versuche. Diese scheinen deutlicher als alle anderen die Vorzüge und Nachtheile der Verwendung solcher Präparate zu zeigen. Dass die Somatose im Stande ist, das Eiweiss des Fleisches bis zu einem gewissen Grade zu vertreten, haben Versuche von Hildebrand[2]) an einem 22 kg schweren Hunde dargethan. Versuche am gesunden Menschen,[3]) die derselbe Autor anstellte, haben wenigstens die eiweissschützende Wirkung der Somatose gezeigt, sowohl wenn 28%, wie wenn 64% des Stickstoffs der Nahrung in Gestalt von Somatose gereicht wurden. Ein N-Ansatz, der grösser ist als der zugeführte Eiweissstickstoff, ist allerdings nur an einem Tage der Somatoseperiode vorhanden, und dieser ist so gering, dass er innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler liegt. Jedoch haben diese Untersuchungen wie die in der Giessener medicinischen Klinik angestellten von Kuhn und Völker übereinstimmend gezeigt, dass die Stickstoffausscheidung im Koth nach Somatosedarreichung unter Umständen ganz ausserordentliche Werthe annehmen kann. Hildebrand fand an einem Tage bei 8,64 g Stickstoff der Nahrung 6,7 g Stickstoff im Koth des Hundes. Bei gleichzeitiger Darreichung anderer stickstoffhaltiger Kost, namentlich von Fleisch, sahen allerdings Hildebrand sowohl wie Kuhn und Völker die Menge des Kothstickstoffs heruntergehen; aber sie ist auch dann

---

1) C. A. Ewald u. G. Gumlich, Ueber die Bildung von Pepton im menschlichen Magen und Stoffwechselversuche mit Kraftbier. Berl. klin. Wochenschr. 1890, No. 44 S. 1016.

2) Hildebrand, Verhandl. des XII. Congresses für innere Medicin. 1893, S. 395.

3) Hildebrand, Zeitschr. f. physiol. Chem. 1894, Bd. 18 S. 180.

noch so gross, dass man von einer schlechten Resorption und, zumal in Anbetracht der meist diarrhöischen Entleerungen, von einer die Schleimhaut des Verdauungstractus reizenden Wirkung sprechen muss[1]). Im Magen konnte A. Cahn[2]) auch thatsächlich nach Peptonfütterung eine stärkere Magensaftsecretion nachweisen als nach Fleischfütterung. Und doch kann man die abführende und reizende Wirkung der Somatose nicht auf den hohen Salzgehalt des Präparats zurückführen, der nach Analysen der Fabrik 7,46%, bei einem von mir benutzten Präparate sogar nur 6,64% betrug.

Damit ist die Reihe der vorliegenden Untersuchungen über den Nährwerth der »Peptone«, soweit ich die sehr verstreut erschienenen Abhandlungen habe übersehen können, erschöpft. An physiologischen Thatsachen ist daraus fast völlig gesichert zu entnehmen, dass die Albumosen im Stande sind, in der Ernährung für Eiweiss gleichwerthig und vollständig einzutreten (Adamkiewicz, Pollitzer, Gerlach). Für das durch Magenverdauung entstandene Amphopepton ist dieselbe Eigenschaft zum mindesten sehr wahrscheinlich gemacht (Pollitzer). Bei denjenigen Versuchen, bei welchen neben dem »Pepton« auch Eiweiss gereicht wurde, ist nur eine Eiweiss ersparende Wirkung der betreffenden Präparate bewiesen. Für die durch Pankreaswirkung entstandenen Peptone liegen nur ein misslungener Versuch Gerlach's und die mehr qualitativen Experimente von Feder und Sanders-Ezn vor. Ueber die letzteren verdanke ich der Güte des Herrn Geheimrath Kühne, in dessen Institute die Versuche im Jahre 1870/71 angestellt wurden, die folgenden Mittheilungen: »Sanders fütterte von zwei Teckeln gleichen Wurfes den einen neben Stärke und Fett mit Fleisch, den anderen mit Pepton, das er aus Fibrin durch Pankreas-Einwirkung erhalten hatte. Der mit Pepton Ernährte soll dabei während mehreren Monate kaum schlechter sich entwickelt haben als der andere.«

1) Kuhn und Völker, Stoffwechselversuche mit Somatose, einem Albumosenpräparate. Deutsche med. Wochenschr. 1894, No. 41 S. 793.

2) A. Cahn, Die Verwendung der Peptone als Nahrungsmittel. Berl. klin. Wochenschr. 1893, S. 565 u. 602.

B. Eigene Versuche.

Auf Veranlassung meines verehrten Lehres, Herrn Prof. C. Voit, habe ich diese Frage über den Nährwerth des Antipeptons von Neuem aufgenommen. Ich habe bei dieser Untersuchung die ständige Unterstützung des Herrn Prof. Voit wie seines Assistenten Herrn Privatdocenten Dr. Cremer genossen und sage beiden dafür auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank.

Die Frage bot nicht nur Interesse dar, weil sie die Kette der besprochenen Arbeiten um ein wichtiges Glied ergänzte, sondern mehr noch aus einem theoretisch wichtigen Grunde. Die vortrefflichen Arbeiten C. Paals[1]) haben uns gelehrt, dass das Moleculargewicht des Antipeptons nicht grösser ist, als etwa das des Traubenzuckers, während für die Moleculargewichte seiner Albumosen Zahlen wie 1200 und 2100 gefunden wurden. Die Moleculargrösse des Eieralbumins endlich fand Sabanejeff[2]) zu 14000. Es war interessant zu erfahren, ob dem Thierkörper aus der kleinen Molekel des Antipeptons die Synthese einer Eiweissmolekel gelingen würde.

Zu den Versuchen eignete sich am meisten das von Kühne mit dem Namen »Drüsenpepton« belegte Product der Selbstverdauung des Pankreas. Denn während dem aus Fibrin gewonnenen Antipepton Kühne's wie dem Caseïnpepton von Merck-Weyl[3]) und dem älteren Sanders-Ezn'schen Präparat ein intensiv bitterer Geschmack anhaftet, schmeckt das Drüsenpepton wenigstens soweit erträglich, dass es mir gelang, in der entsprechenden Zubereitung Hunden die nöthige Menge beizubringen. Dass auf diese Weise kein absolut einheitlicher Körper verfüttert wurde, dürfte nicht als Einwand gegen die Versuche gelten können. Abgesehen davon, dass die Gewinnung einer entsprechenden

---

1) C. Paal, Ueber die Peptonsalze des Eieralbumins. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1894, Bd. 27 S. 1827.

2) Sabanejeff, Kryoskopische Untersuchungen der Colloïde, ebenda 1891, Bd. 24 Ref. 558.

3) Vgl. dazu I. Munk, Ueber den Nährwerth und die Verwendbarkeit der Peptonpräparate. Deutsche med. Wochenschr. 1889, S. 131.

Menge möglichst reinen Antipeptons, wie Siegfried[1]) es unter dem Namen »Fleischsäure« darstellte, eine überaus zeitraubende und kostspielige gewesen wäre, ist es für unseren Zweck wohl ohne Belang, aus welchen Eiweisskörpern die verfütterten Peptone entstanden sind. Dass aber das verfütterte Material nicht etwa durch Leimpepton wesentlich verunreinigt war, geht daraus hervor, dass es im Gegensatz zu diesem nur eine äusserst schwache Biuretreaction gab.

Das Drüsenpepton wurde von den Höchster Farbwerken (vormals Meister, Lucius & Brüning) nach den Angaben und unter persönlicher Anleitung Kühne's dargestellt und dem Institute in freigiebigster Weise überlassen, wofür auch an dieser Stelle der wärmste Dank ausgesprochen sei. Bezüglich der Darstellung verweise ich auf die Abhandlungen Kühne's »Ueber Peptone«[2]) und »Erfahrungen über Albumosen und Peptone«.[3]).

Versuchsanordnung.

Zunächst wurde, um an Material zu sparen, versucht, einer nur 3,5 kg schweren Hündin, die sich übrigens ohne operativen Eingriff leicht katheterisiren liess, das Pepton, mit Fett gemengt, oder durch die Schlundsonde in wässeriger Lösung beizubringen. In beiden Fällen vereitelte wiederholtes Erbrechen die Durchführung des Versuches.

Die Anordnung wurde darauf folgendermaassen getroffen: Das Thier wurde mehrere Tage auf Hunger gesetzt. An einem Tage dieser Vorperiode wurden Knochen gegeben zur Abgrenzung des Koths. Die eigentliche Fütterungsperiode dauerte 2 Tage. Durch den vorausgegangenen Hungerzustand liess sich mit verhältnissmässig geringen Mengen Eiweisses oder eines gleichwerthigen Nahrungsmittels ein deutlicher Stickstoffansatz hervorbringen. Neben dem jeweiligen Stickstoffträger wurden N-freie

1) M. Siegfried, Du Bois' Archiv f. Physiol. 1894, S. 401.
2) Zeitschr. f. Biol. Bd. 22 S. 442.
3) Zeitschr. f. Biol Bd. 29 S. 1.

Reisstärke, filtrirtes, ausgelassenes Schweineschmalz, etwas Kochsalz und Wasser gereicht. Die Stärke wurde mit Wasser angerührt und mit dem Fett und Eiweiss zu einem Kuchen geformt in der Weise, wie es E. Voit[1]) in seiner jüngst erschienenen Abhandlung beschrieben hat. Wurde Pepton oder Albumose verfüttert, so wurde die Stärke mit einer Lösung derselben angerührt. Die Mengen der einzelnen Nahrungsmittel sind bei den Versuchsprotokollen besonders angeführt. In der Regel wurde Morgens um 8 h und Abends etwa um 6 h katheterisirt; an den Tagen, an welchen Drüsenpepton verfüttert wurde, in kürzeren Unterbrechungen, bei der ersten Versuchsreihe an einem weiblichen Box von etwa 15 kg Gewicht auch an den Eiweisstagen, da das Versuchsthier nicht ganz verlässig den Harn hielt. Bei dieser Periode kamen in der That einige Male Entleerungen von Harn in den Käfig vor. Dagegen wurde die zweite Versuchsreihe an einem sehr brauchbaren Box von etwa 17 kg Gewicht angestellt. In dieser wurde eine grössere und täglich die gleiche Menge N zugeführt. So wurde der Ausschlag des Resultates deutlicher und auch ein Einwand gegen die Berechnung des Kothstickstoffs, der auf die zwei Versuchstage gleichmässig vertheilt wurde, obwohl in der ersten Reihe die Stickstoffzufuhr am zweiten Tage wuchs, fiel weg. Bezüglich der übrigen Cautelen verweise ich auf die aus den zahlreichen Veröffentlichungen des Münchener Institutes ersichtliche Praxis. Die Temperatur des Versuchsthieres wurde täglich controlirt und immer innerhalb der normalen Grenzen gefunden. Die mitgetheilten Analysenresultate sind stets das Mittel zweier oder mehr gut übereinstimmender Bestimmungen. Der Stickstoff im Harn wurde nach Schneider-Seegen bestimmt, in allen anderen Fällen nach Kjeldahl-Argutinsky, wenn nichts anderes bemerkt ist.

1) E. Voit u. Korkunoff, Ueber die geringste zur Erhaltung des Stickstoffgleichgewichts nöthige Menge von Eiweiss. Zeitschr. für Biologie Bd. 32 S. 58.

I. Versuchsreihe.

a) Fütterung von Drüsenpepton.

Das Präparat war in vier Fläschchen besonderer Darstellung enthalten, deren Inhalt einzeln analysirt wurde. Am ersten Tage wurden gleiche Mengen von Pepton I und II verfüttert, am zweiten Tage von der Mischung aus den nahezu gleich zusammengesetzten Peptonen III und IV.

I. Wasser[1]) 13,42% N 13,88% } in der trocknen
II. Wasser 12,07% N 13,81% } Substanz

In 40,3 g der Mischung, dem Futter des ersten Tages, waren also 35,16 g trockenes Pepton mit 4,8697 N enthalten.

III. Wasser 1,38% N 13,19% } in der trocknen
IV. Wasser 1,16% N 13,19% } Substanz

Da der Stickstoffgehalt des Präparats etwas niedrig erschien, wurde derselbe auch nach Dumas ermittelt. Das lufttrockene Präparat III ergab dabei folgende Resultate:

1. 0,6209 g gaben 73,0 ccm N bei 719,0 mm u. 12,5° = 13,16%
2. 0,5333 » » 64,7 » N » 708,5 » » 12,2° = 13,40%
3. 0,5691 » » 66,2 » N » 712,5 » » 11,5° = 12,96%

Mittel für lufttrockne Substanz 13,17%
Mittel für trockne Substanz 13,32%

Die Aschebestimmung im Pepton IV ergab 10,78%.

Die Moleculargewichts-Bestimmung nach der Beckmann-schen Methode der Gefrierpunkts-Erniedrigung ergab folgende Resultate:

Angewendete Substanz g	Wasser als Lösungsmittel g	Beobachtete Erniedrigung in °	Gefundenes Moleculargewicht
0,9565	25,27	0,523	134
1,7625	25,27	0,977	132

Bei dem hohen Aschegehalt von 10,78% musste natürlich das gefundene Moleculargewicht viel zu niedrig ausfallen. Lag,

1) Das Wasser wurde bei diesen Analysen durch nur 8stünd. Trocknen im Vacuum bei 100° bestimmt.

was nach der qualitativen Analyse der Asche nicht unwahrscheinlich ist, ein Natriumsalz des Peptons, das noch durch anorganische Salze verunreinigt war, vor, so musste das wahre Moleculargewicht mindestens doppelt so gross sein. Es käme dann mit 266 den Zahlen von Paal und Siegfried sehr nahe.

Tabelle I.

Datum	Gewicht des Hundes	N-Einnahme	N-Ausgabe			Bemerkungen
			Harn	Koth	Ges.	
28. I. 95	—	Hunger	—	—	—	
29. » »	14,475	50 g Knoch.	—	—	—	
30. » »	14,145	Hunger	3,918	0,10	4,018	Mittags: Knochenkoth
31. » »	13,945	4,870	6,307	1,684	7,991	
1. II. 95	14,475	5,975	6,565	1,684	8,249	
2. » »	14,745	Hunger	4,437	0,10	4,537	Nachts: 184 g (frisch) Stärkekoth, einige unverdaute Bissen enthaltend, fest geformt
3. » »	14,175	Hunger	3,455	0,10	3,555	
4. » »	13,805	50 g Knoch.	—	—	—	Am 5. Mittags: 108 g Stärkekoth etwas diarrhöisch u. Ansatz v. Knochenkoth.

Der auf dem Wasserbade getrocknete, dann gesiebte Koth enthielt noch 3,93% Wasser und 5,08% N. Entleert waren im Ganzen 72,2 g Koth mit 3,668 g N, davon auf drei Hungertage gerechnet 0,3 g N, bleiben für die beiden Versuchstage 3,368 g N.

Verfüttert wurden am 31. I. um 8 h: Ein Kuchen aus 175 g lufttrockner Stärke mit 350 ccm destillirtem Wasser, 3,5 g Kochsalz und 40,3 g lufttrockenem Pepton angerührt, dazu 20 g Fett. Um 12 h: Ein Kuchen aus 80 g Stärke, 2 g Kochsalz, 150 ccm Wasser und 10 g Fett.

Am 1. II: Dasselbe Futter mit 45,9 g Pepton.

b) Fütterung von Eiweiss.

Als Eiweiss diente mit Wasser völlig ausgewaschenes, vom sichtbaren Fett befreites, ausgeschnittenes Rindfleisch, das bei ca. 95° getrocknet und dann gepulvert war; damit fiel der durch die Extractivstoffe des Fleisches hervorgerufene Fehler weg. Es wurde im Futter des vorigen Versuchs nur das Pepton durch eine entsprechende Menge Eiweiss ersetzt.

Das verwendete Präparat enthielt 14,58% N.

Am ersten Tage wurden 33,36 g, am zweiten Tage 40,9 g davon gegeben.

Tabelle II.

Datum	Gewicht des Hundes	Stickstoff-Einnahme	Stickstoff-Ausgabe			Bemerkungen
			Harn	Koth	Gesmt.	
5. III. 95	14,225	Hunger	7,660	—	—	
6. » »	13,605	50 g Knochen	5,550	—	—	Koth v. gemischt. Fress.
7. » »	13,415	Hunger	4,962	0,10	5,062	
8. » »	13,125	do.	4,476	0,10	4,576	Knochenkoth
9. » »	12,885	do.	—	0,10	—	Harn z. Th. durch ein Versehen verloren
10. » »	12,615	4,87	7,330	0,592	7,922	Koth von normalem Aussehen entleert
11. » »	13,255	5,97	5,288	0,592	5,880	Nachts: wenig diarrhöisch. Koth
12. » »	13,935	Hunger	3,652	0,10	3,752	Zieml. dünnbreiiger Koth m. unverdaut. Stärkebrock.
13. » »	13,485	50 g Knochen	3,916	—	—	Am 15. nochmals Stärkekoth, am 16. erster Knochenkoth.

Der lufttrockene Koth enthielt 9,25% Wasser und 3,20% N, die entleerten 49,5 g Koth also 1,583 g; davon auf 4 Hungertage 0,4 g N, bleiben für die beiden Fütterungstage 1,183 N.

Der Versuch gibt zu einigen Beanstandungen Anlass. Der Ernährungszustand des Thieres war nicht derselbe wie bei dem vorausgehenden Peptonversuch, wie sich aus den Stickstoffausscheidungen an den Hungertagen ergibt. Das Thier war magerer geworden und hatte in Folge dessen einen grösseren Eiweissverbrauch. Der Hungerzustand wurde deshalb länger ausgedehnt, um bessere Vergleichszahlen zu bekommen. Leider ging am 9. III. ein Theil des schon aufgefangenen Harns durch ein Versehen verloren. Auffallend und nicht ausreichend aufgeklärt ist die hohe Stickstoffausscheidung im Harn am 10. — Dass endlich wiederholt Harn in den Käfig entleert wurde, ist schon oben erwähnt; die Diarrhöen mögen daran theilweise die Schuld tragen. Immerhin weisen die Bilanzen des zweiten Fütterungstages in den beiden Versuchen einen so erheblichen Unterschied auf, dass ich die Resultate dieser Reihe veröffentlichen zu sollen glaubte. Am ersten Tag war, wie die ausführlichen Untersuchungen von E. Voit und Korkunoff zeigen, ein Ansatz bei so geringer

N-Zufuhr nicht zu erwarten, da die ersparende Wirkung der Kohlehydrate und des Fettes erst später zu Tage tritt.

Vergleichende Tabelle der I. Versuchsreihe.

Art und Dauer der Fütterung	Einnahme	Ausgabe	Bilanz
1. Peptontag	4,870	7,991	— 3,121
1. Eiweisstag	4,870	7,922	— 3,052
2. Peptontag	5,975	8,249	— 2,274
2. Eiweisstag	5,975	5,880	+ 0,095
Peptonperiode	10,845	16,240	— 5,395
Eiweissperiode	10,845	13,802	— 2,957

Es ist daraus ersichtlich, dass die Eiweiss- und die Antipeptonzufuhr nicht genügte, den Körper des Thieres auf seinem Stickstoffbestand zu erhalten. Dasselbe verlor zumeist noch Eiweiss, nur am zweiten Fleischtage war Stickstoffgleichgewicht vorhanden, ja ein kleiner Eiweissansatz nachweisbar. Das Eiweiss der Nahrung wirkte stets günstiger als das Antipepton, indem bei Verabreichung des letzteren mehr Stickstoff vom Körper abgegeben wurde als bei Fleischfütterung. Das Antipepton hat aber Eiweiss erspart, denn beim Hunger verlor der Hund im Mittel 4,46 g Stickstoff, bei Fütterung mit Antipepton nur 2,7 g, was übrigens zum Theil auch durch die Verabreichung von Fett und Kohlehydraten seine Erklärung findet.

Um einen sicheren Aufschluss über die volle Vertretung des Eiweisses durch das Pepton zu bekommen, musste so viel von demselben gegeben werden, dass durch eine Eiweissmenge vom gleichen Stickstoffgehalt ein deutlicher Ansatz von Eiweiss am Körper horvorgerufen wurde.

II. Versuchsreihe.

a) Ermittlung des Eiweissbedürfnisses.

Damit bei der erneuten Versuchsreihe ein sicherer Anhaltspunkt für die Stickstoffmenge gewonnen werden konnte, welche in Form von Eiweiss gereicht, einen deutlichen Ansatz erzielte,

wurde zunächst bestimmt, mit welcher Eiweissmenge neben stickstofffreien Stoffen das Versuchsthier sich möglichst schnell ins Gleichgewicht zu setzen vermochte. Als Stickstoffträger wurde wieder das Pulver von mit Wasser ausgewaschenem Fleisch verwendet. Dasselbe enthielt, so wie es zur Verwendung kam 1,87% Wasser und 14,14% Stickstoff.

Tabelle III.

Datum	Gewicht	Harnmenge	Stickstoff-Einnahme	Stickstoff-Ausgabe			Bilanz	Bemerkungen
				Harn	Koth	Gesammt		
		ccm						
1. VII. 95	18710	165	Hunger	4,445	—	—	—	
2. » »	18310	117	do.	3,555	0,10	3,655	—	
3 » »	18010	111	40 g Knch.	4,323	—	—	—	
4. » »	17680	183	5,656	6,547	0,597	7,144	—1,488	Knochenkoth
5. » »	18110	221	5,656	5,865	0,597	6,462	—0,806	
6. » »	18060	220	5,656	4,940	0,597	5,537	+0,119	
7. » »	17880	160	Hunger	2,940	0,10	3,040	—	Knochenkoth u. 1. Stärkekoth
8. » »	17540	150	50 g Knch.	4,387	—	—	—	Stärkekoth
9. » »	17160	105	Hunger	3,414	—	—	—	Nachts: Stärkekoth und 1. Knochenkoth

Verfüttert wurden am 4. VII: 40 g Fleischpulver, 160 g Stärke, 10 g Fett, 640 ccm Wasser, 3,2 g Kochsalz.

Am 5. VII: Im Kuchen nur 500 ccm Wasser, 180 besonders gereicht.

Am 6. VII: Im Kuchen nur 400 ccm Wasser, 80 besonders gegeben.

Der lufttrockene Koth enthielt 4,26% Wasser und 5,375% N. Entleert wurden 35,2 g mit 1,89 g N, wovon 0,10 auf den Hungertag am 8. VII entfallen. Der Koth zeigte keine unverdaute Stärkebrocken und war fest geformt.

40 g Fleischpulver (mit 5,656 g Stickstoff = 35,4 g Eiweiss) genügten also, um mit stickstofffreien Stoffen zusammen, das Thier am zweiten und dritten Tage der Fütterung nahezu auf seinem Eiweissbestande zu erhalten. Es wurde nun, um des Eiweissansatzes sicher zu sein, erheblich mehr Stickstoff im Drüsenpepton gefüttert.

b) Fütterung von Drüsenpepton.

Von dem verwandten Material wurden vergleichende N-Bestimmungen nach Kjeldahl und Dumas gemacht.

Nach Kjeldahl wurde in der lufttrocknen Substanz gefunden:

12,90% 12,57% 12,46% 12,64% — Mittel: 12,64%.

Nach Dumas: 12,84% 13,02% — Mittel: 12,93%.

Mittel der sechs Bestimmungen: 12,79%.

Die Wasserbestimmungen ergaben nach 24 stündigem Trocknen bei 107° im Vacuum: 4,12%.

Die Aschebestimmungen: 14,29%, 14,63% — Mittel: 14,46%.

Das Präparat war frei von Ammoniak, wie Bestimmungen nach Schlösing ergaben.

Der Stickstoffgehalt der aschefreien trockenen Substanz berechnet sich danach = 15,71%.

Kühne[1]) fand in dem zuletzt von ihm untersuchten Drüsenpepton 15,63%; die von Kühne angegebenen Reactionen wurden an dem Präparat nachgeprüft und im Wesentlichen bestätigt gefunden. Die Biuretreaction war schwach; mit Millon's Reagens gab es zunächst eine starke weisse Fällung, die beim Erwärmen schmutzig gelb bis röthlich wurde.

Zur annähernden Bestimmung der specifischen Drehung wurden 5,0165 g lufttrocknen Drüsenpeptons in Wasser gelöst, die Lösung wurde auf 50 ccm aufgefüllt und von einigen darin schwimmenden Flocken abfiltrirt. 25 ccm davon wurden mit 5 ccm Bleizuckerlösung gefällt, in das Gemenge Schwefelwasserstoff bis zur Sättigung eingeleitet, das überschüssige Gas durch einen Luftstrom entfernt. So wurde eine klare im 1 dm- Rohr polarisirbare Lösung erhalten, in welcher der Stickstoffgehalt noch besonders ermittelt wurde, so dass daraus auf den Peptongehalt umgerechnet werden konnte. In 1 ccm der Lösung fanden sich 0,009746 g N, entsprechend 0,06204 g lufttrocknen aschefreien Peptons, unter der Voraussetzung, dass kein Salz des Peptons

1) Kühne gibt für 100 g aschefreies Drüsenpepton folgende Zusammensetzung an (Zeitschr. f. Biol. 1892 Bd. 29 S. 323):

C	44,35	N	15,63
H	7,00	S	0,64

vorlag. Die gefundene Drehung war $-0{,}8027°$. Daraus berechnet sich die specifische Drehung $\alpha_{[D]} = -12{,}94°$.

Tabelle IV.

Datum	Gewicht	Harnmenge	Stickstoff-Einnahm.	Stickstoff-Ausgabe			Bemerkungen
				Harn	Koth	Gesammt	
9. VII.	17160	105	Hunger	3,414	0,10	3,514	Morgens: Knochenkoth
10. »	16850	465	8,953	9,096	1,38	10,476	
11. »	16830	—	8,953	8,932	1,38	10,312	Abends 9 h: Koth (etwas weniger fest als bei Eiweissfütterung) in den Käfig entleert, dabei auch ein wenig Harn, der sorgfältig gesammelt wurde.
12. »	16830	135	Hunger	3,852	0,10	3,952	
13. »	16480	—	50 g Knch.	—	—	—	Abends: Rest des Stärkekoths u. 1. Knochenkoth.

Verfüttert wurde am 10. VII.: 70 g lufttrockenes Pepton, 160 g Stärke, 10 g Fett, 3 g Kochsalz mit 370 ccm Wasser. Das Futter wurde in drei Portionen um 9 h, $10\frac{1}{2}$ h und $12\frac{1}{2}$ h gereicht und vollständig gefressen.

Am 11. wurde der Kuchen nur mit 270 ccm Wasser angerührt. Das Thier frass ungern; die erste Hälfte war, nachdem noch 50 ccm Wasser zugegeben waren, um $9\frac{3}{4}$ h quantitativ verzehrt, die zweite Ration um 12 h. Gegen die Aufnahme des letzten Viertels weigerte sich das Thier lange, es frass aber schliesslich auch dieses, nachdem die einzelnen Bissen, in Fett eingehüllt, vorgesetzt wurden. An diesem Tage wurden deshalb 5 g Fett mehr gegeben, Abends nochmals 50 ccm Wasser.

Der lufttrockene Koth enthielt 10,75% Wasser und 8,70% N. Entleert wurden im Ganzen 34 g mit 2,96 g N, davon auf zwei Hungertage 0,20, bleiben für die beiden Peptontage 2,76 g N.

Die Undeutlichkeit der Biuretreaction gestattete nicht eine genaue colorimetrische Bestimmung des Peptons im Koth vorzunehmen. Eine geringe Menge schien darin vorhanden, jedenfalls betrug sie nicht mehr als 6 g Pepton, wie ich durch vergleichende Bestimmungen bestimmt ermitteln konnte.

Im Harn fand sich kein Pepton. Auch in den Controlversuchen fand sich darin keine Albumose.

Trotz der grossen Menge von Drüsenpepton gab also der Körper noch Eiweiss von sich ab und erhielt sich nicht im Stickstoffgleichgewicht. Im Mittel wurden im Tag 1,4 g Stickstoff vom Körper abgegeben, an den Hungertagen 3,7 g. Das Antipepton hat demnach auch hier den Stickstoffverlust verringert, aber nicht ganz aufgehoben.

c) Controlversuch mit Somatose.[1])

Nachdem der Hund etwa eine Woche wieder im Freien sich erholt hatte, während welcher Zeit keinerlei Störungen in seinem Befinden wahrzunehmen waren, wurde zur Controle ein Versuch angestellt, bei welchem die gleiche Stickstoffmenge in Somatose gegeben wurde. Bemerkt sei, dass ich bei Anstellung dieses Versuchs nur von den Versuchen Hildebrand's am Menschen, nicht von denjenigen am Hunde Kenntniss hatte.

Tabelle V.

Datum	Gewicht	Harnmenge	Stickstoff-Einnahme	Stickstoff-Ausgaben			Bemerkungen
				Harn	Koth	Gesammt	
22. VII.	17460	—	50 g Knoch.	4,529	—	—	
23. »	17170	95	Hunger	3,305	0,10	3,405	
24. »	16890	235	8,920	4,685	5,30	9,985	
25. »	17010	215	8,920	4,271	5,30	9,571	Morg.: Knochenkoth u. 1. Albumosenkoth (diarrhöisch. Abds.: Viel diarrh. Koth
26. »	17060	95	Hunger	2,797	0,10	2,897	Abds.: Diarrh. Koth
27. »	16680	100	60 g Knoch.	4,040	—	—	
28. »	16500	75	Hunger	3,298	0,10	3,398	Abends: Letzter Albumosenk. (nicht mehr diarrhöisch) und Abgrenzung.

Die Stickstoffbestimmungen des verfütterten Materials gaben 13,55%, 13,72%, 13,74%; — Mittel: 13,67%.

Wassergehalt: 9,16%. Aschegehalt: 6,64%.

Verfüttert wurden täglich: 65,25 g Somatose, 160 g Stärke, 10 g Fett, 3 g Kochsalz mit 420 ccm Wasser in 2 Portionen um

1) Das Material zu diesen Versuchen wurde von der Elberfelder Fabrik Bayer & Cie. in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt, wofür ich derselben meinen besten Dank sage.

8¾ h und 11½ h. Das Futter wurde ohne Schwierigkeit quantitativ gefressen.

Wie Hildebrand, so fand auch ich eine ganz enorme Ausscheidung von Stickstoff im Koth. Entleert wurden 102,5 g lufttrockenen Koths mit 10,54%, d. i. 10,79 g N, davon auf zwei Hungertage 0,20 g, bleiben für die beiden Somatosetage 10,59 g N.

Die Albumosen wurden nach dem von Hofmeister[1]) zuerst angegebenen Princip colorimetrisch bestimmt. 55,7 g Albumosen fanden sich im Koth wieder. Mit Berücksichtigung dieser Ausnutzungsverhältnisse gestaltet sich die Bilanz des Somatoseversuchs folgendermaassen:

Verfüttert . . .	130,5 g Somatose mit	17,840 g N
Nicht ausgenutzt	55,7 g Somatose mit	7,613 g N
Ausgenutzt . .	74,8 g Somatose mit	10,227 g N,
pro die 5,114 g N.		
Im Koth im Ganzen ausgeschieden		10,59 g N
Davon enthalten in nicht resorbirter Somatose		7,61 g N
In den zwei Albumosentagen also wirklicher Kothstickstoff nach Abzug des Stickstoffs der Somatose		2,98 g N

Rechnet man darnach als Einnahme nur den Stickstoff der resorbirten Somatose und als Ausgabe nur den Stickstoff des Koths nach Abrechnung der im Koth befindlichen Somatose, so ergibt sich Folgendes:

Tabelle Va.

Datum	Stickstoff-Einnahme	Stickstoff-Ausgaben			Bilanz
		Harn	Koth	Gesammt	
24. VII. . . .	5,114	4,685	1,49	6,175	— 1,061
25. » . . .	5,114	4,271	1,49	5,761	— 0,647
Summa	10,228	8,956	2,98	11,936	— 1,708

Ungefähr mit diesen Zahlen vergleichbar sind die des Eiweissversuchs vom 4. und 5. Juli, S. 207, bei welchem mit einer Einnahme von 11,312 g N eine Abgabe von 2,294 g N

1) Hofmeister, Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. 5 S. 135 u. Bd. 6 S. 57.

vom Körper stattfand. Auch hier zeigt sich also, dass die Somatose, soweit sie resorbirt wird, dem Eiweiss bis zu einem gewissen Grade gleichwerthig ist, wenn auch in meinem Versuche wegen der geringen Menge des resorbirten Präparats ein Ansatz von Eiweiss nicht erreicht wurde. Die Stickstoffabgabe vom Körper sank von 3,15 g im Hunger durch die Somatose auf 0,85 g im Tag.

d) Controlversuch mit Eiweiss.

Das verwendete Fleischpulver hatte lufttrocken einen Stickstoffgehalt von 14,14%.

Verfüttert wurde an beiden Tagen: 63,06 g Fleischpulver, 160 g Stärke, 10 g Fett, 3 g Kochsalz mit 400 ccm am 29. VII, 300 ccm am 30. VII.

Das Futter wurde in zwei Portionen um 9 h und 12 h gereicht und sofort quantitativ verzehrt.

Tabelle VI.

Datum	Gewicht	Harnmenge	Stickstoff-Einnahme	Stickstoff-Ausgabe			Bemerkungen
				Harn	Koth	Gesammt	
28. VII.	16500	75	Hunger	3,298	0,10	3,308	300 ccm Wasser wegen grosser Hitze gegeben
29. »	16400	185	8,917	5,302	0,50	5,802	
30. »	16720	170	8,917	5,873	0,50	6,373	
31. »	16800	95	Hunger	2,952	0,10	3,052	Morgens: Abgrenzung und 1. Eiweisskoth
1. VIII.	16530	85	60 g Knoch.	3,361	—	—	Am 3. VIII.: Rest des Eiweisskoths u. Knochenkoth.

Der Koth enthielt lufttrocken 3,95% Wasser und 5,00% N. Entleert wurden 24 g mit 1,2 g N, wovon 0,2 g auf die Hungertage fallen. Es fand sich somit bei der Fleischmehlfütterung an den beiden Tagen ein Ansatz von 5,659 g Stickstoff, was der beträchtlichen Menge von 35 g Eiweiss entspricht.

e) Controlversuch mit Witte's Pepton.

Um auch mit Albumosen einen deutlichen Controlversuch zu haben, wurde endlich noch der Stickstoff in Witte's »Pepton« gegeben, bei welchem die Resorption nach den Erfahrungen von

Adamkiewicz eine günstige ist. Die darin enthaltenen geringen Mengen von wirklichem Pepton wurden nicht entfernt, da sie für den Zweck des Versuchs ohne Belang waren. Von Eiweiss erwies sich das Präparat frei.

Es enthielt 12,95% Asche, 9,12% Wasser, 12,93% N.

Verfüttert wurden an beiden Tagen 68,9 g Pepton, 160 g Stärke, 350 g Wasser; Fett am ersten Tage 15 g, am zweiten Tage 20 g. Das Kochsalz wurde wegen des salzigen Geschmacks des Präparats weggelassen.

Tabelle VII.

Datum	Gewicht	Harnmenge	Stickstoff-Einnahme	Stickstoff-Ausgabe			Bemerkungen
				Harn	Koth	Gesammt	
2. VIII.	16280	75	Hunger	2,661	0,10	2,761	
3. »	16040	235	8,909	5,520	0,902	6,422	
4. »	16120	175	4,253	4,532	0,451	4,983	Morgs.: Knochenkoth u. 1. Peptonkoth (fest geformt)
5. »	15970	75	Hunger	3,168	0,10	3,268	Morgs.: Koth (ebenso)
6. »	15710	—	60 g Knoch.	—	—	—	Am 8. VIII.: Kothabgrenzung.

Der lufttrockne Koth enthielt 3,21% Wasser und 6,22% N. Entleert wurden 25 g Koth mit 1,554 g N, also in den beiden Peptontagen 1,354 g N.

Am 3. VIII wurde das Futter ohne besondere Schwierigkeit, wenn auch nicht so gern wie bei den früheren Versuchen, in zwei Rationen um 9 h und 11 h quantitativ verzehrt.

Am 4. VIII dagegen wurde von der ersten Hälfte des Futters wenig freiwillig genommen. Um 10 h wurde der Rest geschoppt. Die zweite Hälfte musste vollständig, in Riemen geschnitten, geschoppt werden. Um 1½ h war die ganze zweite Hälfte und ein Theil der ersten Ration, dem Aussehen nach unverändert, erbrochen. Das Erbrochene wurde gesammelt — es wog frisch 358 g — im Trockenschrank bei 97° getrocknet, gepulvert und analysirt.

124,5 g lufttrockenes Pulver enthielten 3,74% d. i. 4,656 g N. Thatsächlich waren demnach an diesem Tage nur 4,253 g N verzehrt worden.

Der Kothsstickstoff der Peptonperiode wurde demgemäss zu $^2/_3$ auf den ersten, zu $^1/_3$ auf den zweiten Tag gerechnet.

Durch das Erbrechen eines Theils der Nahrung wurde am zweiten Tage thatsächlich so wenig Albumose resorbirt, dass noch etwas Stickstoff vom Körper abgegeben wurde. Jedoch lieferte der erste Tag das sichere Resultat, dass an diesem viel Eiweiss zum Ansatz gelangt ist. Am zweiten Tag gab der Körper noch 0,73 g Stickstoff ab, während im Hunger 3,01 g N ausgeschieden wurden.

Vergleichende Tabelle der II. Versuchsreihe.

Art und Dauer der Fütterung	Stickstoff-Einnahme	Stickstoff-Ausgabe	Bilanz
1. Drüsenpeptontag	8,953	10,476	— 1,523
1. Eiweisstag	8,917	5,802	+ 3,115
1. Albumosentag[1])	8,909	6,422	+ 2,487
2. Drüsenpeptontag	8,953	10,312	— 1,359
2. Eiweisstag	8,917	6,373	+ 2,544
2. Albumosentag[1])	4,253	4,983	— 0,730
Drüsenpeptonperiode	17,906	20,788	— 2,882
Eiweissperiode	17,834	12,175	+ 5,659
Albumosenperiode	13,162	11,405	+ 1,757

Stellt man nur die vergleichbaren Zahlen zusammen, so erhält man schliesslich:

Art der Fütterung	Stickstoff-Einnahme	Stickstoff-Ausgabe	Stickstoff-Bilanz
Eiweiss	8,917	5,802	+ 3,115
do.	8,917	6,370	+ 2,544
Albumose	8,909	6,422	+ 2,487
Drüsenpepton . .	8,953	10,476	— 1,523
do. . .	8,953	10,312	— 1,359

Bemerkt sei noch, dass der Hund, als er sich nach Schluss der letzten Fütterungsperiode wieder im Freien aufhielt, in den

1) = Tag der Fütterung mit Witte's Pepton.

ersten beiden Tagen mehrmals leichte krampfartige Anfälle und verminderte Lust zum Fressen zeigte. Diarrhöen kamen während dieser Tage nicht vor. Am dritten Tage war das Thier wieder wie früher. Ob diese Krampfanfälle, die nach der Fütterung mit dem Drüsenpepton nicht eingetreten waren, Folgen der Fütterungsversuche oder davon unabhängig waren, vermag ich nicht zu entscheiden. Die Erscheinungen waren ähnlicher Art, wie sie Forster nach längerer Zufuhr aschefreier Nahrung am Hunde beobachtet hat.

Ein Blick auf die letzte vergleichende Tabelle der zweiten Versuchsreihe zeigt deutlicher noch, als die erste Reihe es beweisen konnte, dass das Drüsenpepton nicht im Stande ist, den Verlust von Eiweiss am Thierkörper zu verhindern. Dass die übrigen Antipeptone sich ebenso verhalten, ist natürlich durch diesen Versuch nicht bewiesen, aber zum mindesten doch recht wahrscheinlich gemacht. Man könnte vielleicht einwenden, dass bei dem Drüsenpepton eine specifische Wirkung irgend welcher in demselben enthaltenen Stoffe — vielleicht gewisser Extractivstoffe des Pankreas — auf den Stoffumsatz der Zellen stattgefunden habe, wie das z. B. bei Fütterung von Thyreoïdea beobachtet wurde. Herr Dr. Ritter hat desshalb im Münchener physiologischen Institute nach Abschluss dieser Arbeit einem Hunde von 18 kg Gewicht an zwei sich folgenden Tagen je 885 g frisches Pankreas gegeben, ohne die mindeste schädliche Wirkung wahrzunehmen. Sicheren Aufschluss über die Berechtigung obigen Einwands kann erst die Stickstoffbilanz bei Fütterung mit Pankreasdrüse geben, welche durch Herrn Dr. Ritter demnächst veröffentlicht werden wird.

Das von mir gefundene Resultat bestätigt die von Voit im Jahre 1881 irrthümlich für alle Peptone gehegte Vermuthung für das Drüsenpepton.

Dass Sanders-Ezn mit seinem Pankreas-Fleischpepton zu einem anderen Resultate kam, mag daran liegen, dass seine Versuche nicht lange genug ausgedehnt worden waren, oder dass bei der kurzen Verdauung des Fleisches mit Trypsin ausreichende Mengen von Amphopepton vorhanden waren, um das zerfallende

Organeiweiss zu ersetzen. Da die genaueren Daten über diese Versuche leider verloren gegangen sind, so kann ihr Resultat, glaube ich, nicht zu schwer in die Wagschale fallen.

Ueber die Bedeutung der »Peptone« im Allgemeinen für die Ernährung des gesunden und kranken Organismus sei endlich das Folgende bemerkt: Man darf wohl annehmen, dass das in Wasser so leicht lösliche »Pepton« in viel grösserer Menge in der Zeiteinheit in die Säfte oder wenigstens in die Darmepithelien übergeht, als die im ungelösten Zustande in den Darm kommenden Eiweissstoffe, welche zuerst durch die Verdauung gelöst werden müssen und nur allmählich und in kleinen Mengen in die Säfte gelangen.

Theilt man die Ansicht, dass die Darmepithelien die Fähigkeit besitzen, das in sie eindringende Pepton durch Wasserabspaltung wieder in das native Eiweiss zurückzuverwandeln, so wird bei Zufuhr von Pepton das daraus entstehende Eiweiss rascher im Körper zersetzt werden.

Es ist gewiss für den Haushalt des Körpers von Bedeutung, dass die meisten Eiweissstoffe in in Wasser unlöslicher Form in den Darm gelangen; selbst das Caseïn der dem Säugling zukommenden Milch wird zuerst gefällt und dann nach und nach verdaut. Auch mit den stickstofffreien Stoffen der Nahrung ist es zumeist ebenso; denn wir geniessen die Kohlehydrate grösstentheils nicht in Form des leicht löslichen Zuckers, sondern des in Wasser unlöslichen Stärkemehls, welches ebenfalls erst allmählich verdaut wird und so längere Zeit nach der Nahrungsaufnahme vorhält (wenn wir auch von dem Vermögen des Körpers, Kohlehydrate in der Leber aufzuspeichern, absehen).

Ich glaube auch, dass bei reichlicher Zufuhr von Pepton die Epithelzellen des Darms nicht alles Pepton in Eiweiss überzuführen vermögen, und dann Pepton als solches in die Säfte gelangt und schädliche Wirkungen ausübt. Wenigstens hat Dr. Feder bei seinen Fütterungsversuchen mit viel Pepton am Hunde Erscheinungen beobachtet, wie man sie bei Injection von Peptonlösung in eine Vene wahrnimmt, namentlich eine so beträchtliche Verminderung des Blutdrucks, dass kein Harn zum Vorschein kam.

In der leichten Löslichkeit des »Peptons« wäre nach diesen Darlegungen für den gesunden Organismus für gewöhnlich ein Nachtheil zu erblicken. Für einen kranken Organismus, der die in Wasser unlöslichen Eiweissstoffe nicht zu verdauen im Stande ist, mag die Einführung eines Nahrungstoffes, der nicht erst verdaut zu werden braucht, einen wesentlichen Vortheil bieten. Es sollte genau festgestellt werden, wie viel ein gesunder und kranker Mensch von dem Pepton im Tag erträgt, ohne dass der angegebene Nachtheil sich durch Störungen geltend macht.

Es ist fraglich, ob nicht durch Verabreichung grösserer »Peptonmengen« den Epithelzellen des erkrankten Darmtractus eine übermässige Arbeitsleistung zugemuthet wird und Pepton als solches in die Säfte gelangt. Die vielfach am Menschen wie am Hunde beobachteten Diarrhöen, welche mit dem eben Angedeuteten vielleicht in einem gewissen Zusammenhang stehen, mahnen jedenfalls zur Vorsicht mit der Zufuhr grösserer Quantitäten von »Pepton«, und der Versuch, die Indicationen für die »Peptonverordnung bei Magendarmkrankheiten« schärfer zu stellen, wie ihn A. Cahn in seinem erwähnten Vortrage gemacht hat, ist desshalb gewiss auch auf Grund physiologischer Erwägungen gerechtfertigt.

Ueber das Verhältniss zwischen Druck und Füllung bei Hohlorganen (Lungen und Herz) und dessen Ableitung aus der Längsdehnung.

Von

Fr. Klein.

(Aus dem physiologischen Institut zu Kiel.)

Fast ein halbes Jahrhundert ist verflossen, seit Donders lehrte, dass die elastische Kraft der Lungen den Druck im Pleuraraum unter den Atmosphärendruck herabsetzt, dass hierdurch das Venenblut in den Thorax angesaugt wird, und dass die elastische Kraft der Lunge und damit die Saugkraft des Thorax während der Inspiration zunimmt.

Die im Princip vollständige Lösung der Frage durch Donders ist vielleicht der Grund, dass sie erst verhältnissmässig spät von anderen Forschern wiederaufgenommen und in quantitativer Beziehung weiter verfolgt wurde.

Man maass an allen der Untersuchung zugänglichen Stellen: In der Trachea (wie Donders selbst), in der Pleurahöhle, im Pericard und im Oesophagus; es schlossen sich an Untersuchungen an atelektatischen Lungen, am Pneumothorax, solche über die Gasspannungen in der Pleurahöhle, sowie über die Gasdichtigkeit der Lunge, endlich solche über Bronchialmuskeln.

Wenn auch die Angaben über die Grösse des negativen »Donders'schen« Drucks bei den verschiedenen Autoren recht erheblich abweichen, so sind doch alle darin einig, dass die

elastische Kraft der Lunge und damit dieser negative Druck mit der Tiefe der Inspiration zunimmt. Ich werde im Folgenden — ohne andere als elastische Kräfte vorauszusetzen — den Nachweis liefern, dass es zwar so sein kann, aber nicht so sein muss, dass unter anderen Möglichkeiten auch die vorliegt, dass die stärker gedehnte Lunge den geringeren Druck ausübt, und dass es theoretisch verständlich ist, wenn die Resultate schwanken.

Ueber die Grösse des negativen Drucks beim ruhigen Athmen hat Heynsius 1882 (Pflüger's Archiv 29, S. 265) eine eingehende Untersuchung veröffentlicht. Er gibt darin eine Inhaltsangabe und Kritik der früheren Arbeiten, auf die ich hier verweise. Heynsius experimentirt anfangs an menschlichen Leichen, indem er an einem in die Trachea eingesetzten Manometer nach Oeffnung des Thorax den Exspirationsdruck, und dann nach Einblasen von 500 ccm Luft den Inspirationsdruck abliest. Er bezeichnet die so gewonnenen Resultate als ganz unbrauchbar, weil er jedesmal andere Zahlen bei derselben Quantität Luft erhält, und schliesst daraus, dass die Elasticität der todten Lungen sehr schwankend und viel unvollkommener als die der lebenden sei. Auch den organischen Muskeln, dem Bindegewebe und den Blutgefässen schreibt er einen Einfluss zu.

Aber auch ganz frische Thierlungen gaben ihm, von der Trachea her aufgeblasen, so verschiedene Zahlenwerthe, dass er daraus die Lungenelasticität bei verschiedenen Expansionsgraden auch »nicht einmal annähernd« bestimmen kann. Er findet dies Ergebniss »leicht erklärlich« durch die Beobachtungen von Hermann und Keller (Pflüger's Archiv 20, S. 365) wonach selbst durch starken Druck (z. B. 840 mm Hg) die Lungen nicht atelektatisch gemacht werden können; nach Hermann hat das seinen Grund vielleicht darin, »dass der Druck die Bronchiallumina zum Verschwinden bringt, noch ehe die Alveolen entleert sind, und so die vollständige Entleerung der Luft hindert«. Nach Heynsius »fallen die Bronchioli an ihrer engsten Stelle, beim Uebergang in das Infundibulum, zusammen«. »Sobald also« — so lautet seine Schlussfolgerung — »die Lungen collabirt sind,

ist demzufolge der Luft der Zutritt zu den Alveolen an vielen Stellen abgeschnitten«.

Hier ist nun Heynsius ein Irrthum passirt: Er dreht nämlich die Sache gerade um!

Nicht der Luftzutritt, sondern der Austritt ist abgeschnitten, und damit fällt der ganze Erklärungsversuch. — Nur wenn Hermann und Keller mit Hülfe von Kohlensäure die Lungen wirklich atelektatisch machten, so brauchten sie zum Beginn der ersten Entfaltung einen bedeutend grösseren Druck.

Auch wenn die Lungen nicht ganz collabirt waren, so erzielte Heynsius von der Trachea aus dennoch keine gleichmässige Entfaltung: »Will man brauchbare Resultate erzielen, so muss man .... durch Druckverminderung auf der Pleurafläche entfalten.«

Einen Unterschied könnte meiner Ansicht nach die Art der Entfaltung nur für solche (lufthaltige) Alveolen machen, deren Zugang verlegt ist. Im luftverdünnten Raum würde sich die Luft in diesen Alveolen ausdehnen, durch Aufblasen von der Trachea her dagegen vielleicht nur der Bronchiolus bis an die Alveole; die Lösung der angenommenen Verklebung könnte dann vielleicht auf die erstere Art leichter zu Stande kommen. Für den Erfolg scheint es mir wichtiger, dass Heynsius die Lungen im unverletzten Thorax untersucht: Durch Anziehen des Zwerchfells wird ein genau gemessenes Luftvolumen in die Lunge gesogen, und nach dem Loslassen der Druck am Manometer abgelesen. In einigen (4—6) Absätzen wird dann unter jedesmaliger Druckmessung mehr und mehr Luft eingeführt. Wird nach dem Collabiren die Beobachtungsreihe wiederholt, so ist — immer nur bei sorgfältiger Beachtung einiger Vorsichtsmaassregeln — die Uebereinstimmung eine sehr gute. Sowie aber die Versuchsbedingungen geändert werden, sind auch sofort die Resultate andere.

Wenn Heynsius bei Lungen, deren Exspirationsdruck durch Oeffnen des Thorax bestimmt war, nacheinander die beiden Pleurahöhlen und das Pericard öffnete, so stieg der Druck; wenn er sie dann, — natürlich geschlossen —, schnell in einen künst-

lichen Thorax brachte, so sank er erheblich. Durch Abkühlung, Sauerstoffabsorption und Dehnung (die Lungen hängen an der Trachea) glaubt er das hinreichend erklären zu können[1]), um so mehr, als es ihm gelingt, die Resultate in Einklang mit den Messungen im geschlossenen Thorax zu bringen, wenn er vorher noch soviel Luft einführt, dass der Exspirationsdruck der Lungen im Thorax erreicht wird. Von nun an bewirken noch weiter eingeführte gemessene Luftmengen auch dieselben Drucksteigerungen wie vorher. — Es handelt sich bei der Arbeit von Heynsius um ganz bestimmte Zahlenwerthe, bei deren Ermittelung als selbstverständlich vorausgesetzt ist, dass die elastische Kraft der Lungen mit ihrem Luftgehalt wächst. Nirgends wird dieser Satz, weder von ihm noch von anderen Autoren, angezweifelt oder auch nur discutirt. So zum Beispiel sagt Hermann (a. a. O., S. 369), nachdem er gefunden hat, dass eine atelektatische Lunge bedeutend grösseren Druck zum Beginn der Entfaltung braucht, als eine nicht atelektatische:

»Da die elastischen Kräfte im Gegentheil mit dem schon »bestehenden Grade der Entfaltung zunehmen, also in der atel»ektatischen Lunge am kleinsten sein müssten, so ergibt sich, »dass der atelektatische Zustand einen besonderen Widerstand »der Entfaltung entgegenstellt, der durch den geringsten Luft»gehalt der Lungen beseitigt wird.«

Ich habe die Versuche von Heynsius desswegen etwas eingehender besprochen, um zu zeigen, dass es nur mit grösster Sorgfalt unter ganz bestimmten Bedingungen gelingt, Resultate zu erhalten, die mit der genannten selbstverständlichen Voraussetzung in Einklang stehen. Es fragt sich nur, ob diese Voraussetzung, — dass die elastische Kraft der Lungen mit ihrem Luftgehalt wächst —, wirklich so ganz selbstverständlich ist. Zum mindesten stossen wir schon bei der gewöhnlichen flachen Athmung auf Schwierigkeiten für das Verständniss. Der Thorax erweitert sich dabei in sehr verschiedener Weise; der costale oder abdominale Athmungstypus kann vorwalten, durch Biegen des

1) Die Factoren würden der Messung zugänglich sein.

Körpers, durch Anliegen fester Gegenstände kann die Ausdehnung des Thorax stellenweise gehindert sein. Sollen wir nun annehmem, dass trotz der ungleichartigen Ausdehnung des Thoraxraumes stets alle Alveolen (oder wenigstens alle Alveolen derselben Lunge) sich gleichmässig ausdehnen oder nicht? Eine gleichmässige Ausdehnung aller Alveolen würde erhebliche Verschiebungen der Lunge im Thorax bedingen, wäre also nicht ökonomisch; auch die klinischen Erfahrungen sprechen dagegen. Es bleibt also die Annahme übrig, dass sich die Lungenalveolen an den Stellen stärker ausdehnen, wo die Thoraxerweiterung stattfindet. Nun fassen wir den jeweiligen Ausdehnungszustand der Lungen auf als Gleichgewichtszustand zwischen dem Luftdruck in den Alveolen einerseits und dem »negativen« Pleuradruck plus der Kraft der elastischen Fasern andererseits. Diese letztere ist um so geringer, je weniger die Alveolen gedehnt sind, und wir sind anzunehmen gewohnt, dass die stärker gedehnte Alveole bei geöffnetem Thorax auch dem grösseren Ueberdruck in der Trachea das Gleichgewicht hält. Ist also eine Anzahl Alveolen weniger stark gedehnt, so müsste nach der herrschenden Ansicht das Gleichgewicht gestört sein und ein Ueberdruck auf Seiten der Alveolenluft stattfinden, und nur dann würde kein Ueberdruck herrschen, wenn an dieser Stelle der Pleuradruck entsprechend weniger negativ wäre, der Pleuraraum also in Bezug auf den Druck in mehrere Einzelräume zerfiele. — Ist aber der negative Pleuradruck einheitlich, herrscht also in den weniger gedehnten Alveolen — der hergebrachten Auffassung entsprechend — ein Ueberdruck, so würden die Gefässe in ihren Wänden comprimirt werden. Wir hätten damit eine Behinderung des Blutstroms, die unter Umständen die Erleichterung in den stärker entfalteten Theilen compensiren könnte.

Nun ist es vielleicht von grösserer Bedeutung, dass in den Wänden der stärker ausgedehnten, also luftreicheren Alveolen mehr Blut circulirt, eine Verengerung der Gefässe in den weniger gedehnten Alveolen kann aber kaum vortheilhaft sein. — Es fragt sich nun, ob nicht trotz verschiedenen Dehnungszustandes zweier Alveolen die genannten Kräfte im Gleich-

gewicht (also die elastischen Kräfte der beiden Alveolen gleich sein) können.

Ich will zunächst zeigen, dass dies theoretisch in der That möglich ist.

Beobachtungen an Kautschukballons und -Bändern.

Befestigt man zwei dünnwandige Kautschukballons, wie sie auf Jahrmärkten als Luftballons feilgeboten werden, an einem T-Rohr und bläst sie auf, so dehnt sich stets der eine stärker aus als der andere. Drückt man nun, nach Abklemmen des Zuleitungsrohrs, mit der Hand einen Ballon mässig, so wird dadurch der andere etwas grösser. Beim Nachlassen des Drucks nehmen sie beide die frühere Grösse wieder an; sie befinden sich also im Gleichgewicht. Die Luft in den Ballons communicirt, der Druck auf der Innenwand ist also gleich der elastischen Kraft des Kautschuks plus dem äusseren Luftdruck, oder einfacher: Die elastische Kraft ist gleich dem Ueberdruck im Ballon. Man ist darnach geneigt, zu schliessen, dass der kleinere Ballon die grössere elastische Kraft besitzt. Drückt man nun aber den grösseren Ballon nach und nach sehr stark zusammen und bläst dadurch den andern auf, so fühlt man anfangs einen grösseren Widerstand, der dann ziemlich plötzlich abnimmt. Lässt man nun los, so hat sich das Verhältniss umgekehrt; der vorher grössere ist nun der kleinere, und durch leichten Druck auf den einen oder andern kann man feststellen, dass sie sich wiederum im Gleichgewicht befinden.

Ich führe noch einen zweiten Versuch an: Bläst man einen einzigen, mit Manometer verbundenen Ballon nach und nach auf, so kann man bei einem Druck von 100 mm Wasser eben erst eine geringe Dehnung nachweisen, und der Druck steigt ziemlich hoch (z. B. auf 400—600 mm Wasser), während der Ballon sich nur wenig vergrössert. Plötzlich sieht man bei weiterem Aufblasen den Druck wieder sinken und bei sehr starker Vergrösserung beispielsweise auf 200 mm H_2O oder weniger fallen. Während also das Volum stetig zunimmt, werden innerhalb gewisser Grenzen zweimal dieselben Druckwerthe durchlaufen.

In einem Falle entsprachen einem Druck von etwa 353 mm H_2O zwei Grössen des Ballons mit den Durchmessern von 39 resp. von 61 mm; im zweiten Fall ist also die Oberfläche fast $2^1/_2$mal so gross als im ersten.

Die Erklärung für dieses Verhalten ist einfach genug:

Dehnt man ein Kautschukband durch ein angehängtes Gewicht, so wächst seine Länge mit der Grösse des Gewichts; je stärker es also gedehnt wird, einer um so grösseren Last hält es das Gleichgewicht.

Ein Versuch, bei dem ein (doppeltes) Kautschukband von 120 mm Länge durch ca. 3109 g auf 588 mm und, nach vorausgegangener Belastung mit 13 kg, von 130 mm (10 g) durch 8 kg auf 1012 mm gedehnt wurde, ergab bei der graphischen Darstellung (Fig. 1a u. b) eine doppelt gebogene (S-förmige) Curve. Die Dehnung ist anfangs gering, wird mit steigendem Gewicht grösser, mit noch weiter steigendem wieder geringer.

Denken wir uns nun, ein Gummiballon bestünde aus unelastischer, vollkommen nachgiebiger Grundsubstanz mit eingelagerten elastischen Fäden ohne Dicke, und nehmen wir an, dass bei einem bestimmten Ausdehnungszustand in der Flächeneinheit n solcher Fäden vorhanden seien. In dem Ballon möge ein Ueberdruck von 100 mm Wasser herrschen. Blasen wir nun den Ballon weiter auf, bis seine Oberfläche doppelt so gross ist, so sind in der Flächeneinheit jetzt nur noch $\frac{n}{2}$ elastische Fäden vorhanden, von denen aber jeder einer grösseren Last als vorher das Gleichgewicht hält. Angenommen, diese Last betrüge gerade das doppelte der vorigen, so würde die in der Flächeneinheit vorhandenen $\frac{n}{2}$ elastischen Fäden genau demselben Druck von 100 mm Wasser das Gleichgewicht halten, wie vorher n Fäden; hielten sie dagegen einer grösseren Last als der doppelten das Gleichgewicht, so würde der Druck höher als 100 mm sein; und er würde niedriger sein, wenn die Last weniger als das Doppelte betrüge.

Wenn der Ballon eine Kugel vom Durchmesser d ist, so hat ein einem grössten Kugelkreis entsprechender elastischer Faden die Länge $d\pi$ und die Oberfläche beträgt $d^2\pi$.

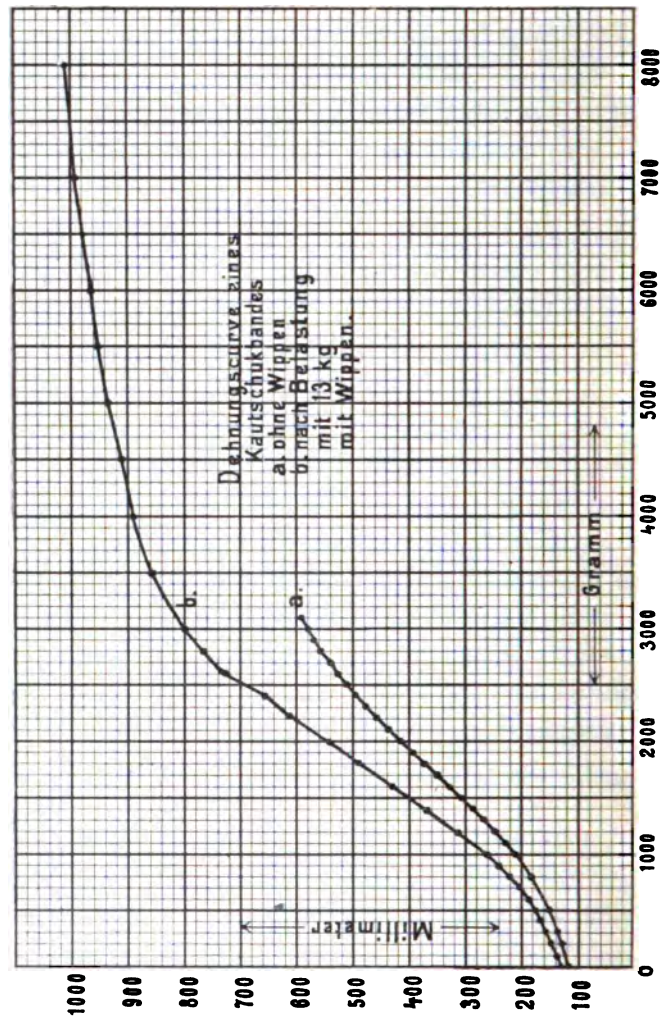


Fig. 1

Wenn also zum Beispiel $d\pi$ die Werthe 1, 2, 3 durchläuft, so verhalten sich die zugehörigen Oberflächen wie 1 : 4 : 9. Wächst also die elastische Kraft des Fadens (ausgedrückt durch das dehnende Gewicht) mit dem Quadrat der Länge, so bleibt der

Ueberdruck im Ballon bei jedem Dehnungszustand derselbe, wächst sie in einem stärkeren oder schwächeren Verhältniss, so steigt oder sinkt der Druck.

Beim Kautschuk ändert sich nun das Verhältniss zwischen Dehnung und elastischer Kraft (resp. dehnendem Gewicht) nach dem oben erwähnten Versuch (Längsdehnung eines Kautschukbandes) so, dass die Last bei wachsendem d zuerst schneller, dann langsamer, dann wieder schneller wächst, als dem Werthe $d^2\pi$ entsprechen würde.[1])

Ich lasse einige Zahlen, die bei dem erwähnten Versuch gewonnen wurden, folgen:

Tabelle I.

1. dl		2. Gefundene Belastung bei der Länge dl	3. d^2p
für $d = 1$	135 mm	280 g $(= d^2p)$	280 g
$d = 2$	270 »	1309 » $(> d^2p)$	1120 »
$d = 2{,}3$	310,5 »	1481 » $(= d^2p)$	1487 »
$d = 3$	405 »	1940 » $(< d^2p)$	2520 »

Spalte 1 gibt verschiedene Ausdehnungszustände des Bandes, Spalte 2 die zugehörigen dehnenden Gewichte. Das erste Werthepaar, 135 mm $= l$ und 280 g $= p$, ist als Längen- und Gewichtseinheit angenommen. In Spalte 3 sind die berechneten Werthe von d^2p aufgeführt für $d = 1$, 2, 2,3, und 3. Für $d = 1$ und für $d = 2$, 3 sind also die gefundenen Gewichte gleich d^2p. Ich glaube daraus schliessen zu dürfen, dass ein Ballon aus diesem Kautschuk, bei einer Dehnung eines grössten Kugelkreises von 120 auf 135 mm denselben Ueberdruck zeigen würde, wie bei einer Dehnung auf ungefähr 310,5 mm. Der Inhalt des Ballons würde im zweiten Falle etwa zwölfmal so gross sein, als im ersten. Da der Anfangswerth von 135 mm beliebig gewählt ist, so werden innerhalb gewisser Grenzen unendlich viele Paare von Ausdehnungszuständen denselben Druck ergeben; das Verhältniss der Durchmesser wird aber in jedem Fall ein anderes sein. So entspricht

1) Nach der Entlastung ist das Kautschukband länger als vor der Belastung. Auf diesen Dehnungsrückstand gehe ich später ein.

z. B. der Verlängerung von 120 auf 131 etwa das Gewicht von 200 g, der Verlängerung auf 406 ($= 3{,}1 \times 131$) das Gewicht 1885 g, das ziemlich genau $= (3{,}1)^2 \times 200$ ist.

Um den Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung mit Sicherheit geben zu können, führte ich die beiden Versuche, cubische und Längsdehnung, an ein und demselben Material aus. In einen grösseren dünnwandigen Kautschukballon wurde nach und nach Luft (bei Atmosphärendruck gemessen) eingeführt und jedesmal der im Ballon herrschende Druck in mm Wasser abgelesen. Dann wurde aus dem Ballon, einem grössten Kugelkreis entsprechend, ein ringförmiger Streifen von etwa $2^1/_2$ cm Breite geschnitten und dessen Längsausdehnung durch Belastung gemessen.

Man kann nun unter der Annahme[1]), dass der aufgeblasene Ballon eine Kugel ist, aus dem Inhalt (reducirt auf den betreffenden Druck) den grössten Kugelkreis berechnen; dieselbe Länge zeigt bei irgend einer Belastung auch das aus dem Ballon geschnittene Kautschukband. Man hat also ein zusammengehöriges Werthepaar. Sucht man nun für den Ballon zwei Ausdehnungszustände auf, bei denen der Druck derselbe ist, berechnet für beide den grössten Kugelkreis und sucht die Gewichte auf, durch welche das Band auf die Länge der Kugelkreise gedehnt wird, so sollten, wenn meine Annahme richtig ist, die Gewichte in demselben Verhältniss $p : p'$ zu einander stehen, wie die Oberflächen der Kugeln $F : F'$.

Die beigegebene schematische Skizze (Fig. 2) zeigt (auf etwa $^1/_3$ verkleinert) die beiden Ausdehnungszustände des Ballons für den Druck von 214 mm Wasser; der Theil des Ballons, aus dem später das Band geschnitten wurde, ist schraffirt. Daneben sind zwei Längen des Bandes mit den zugehörigen Gewichten gezeichnet, die den grössten Kugelkreisen der beiden Ballons gleich sind. Das ringförmige Band ist oben über einen steifen Draht geführt; mit Hülfe eines zweiten durchgesteckten Drahtes wird das Gewicht angehängt. Die Entfernung der beiden Drähte von einander gibt also die halbe Länge des Bandes. In Wirklichkeit

1) Wie weit die Annahme zutreffend ist, vergleiche später.

wich nun der Ballon von der Kugelform ab: Wenn ich seine offene Mündung als Pol bezeichne, so war er aus vier Stücken zusammengesetzt, deren Nähte in Meridianen verliefen. Bei schwachem Aufblasen zeigte er den Nähten entsprechend vier Kanten, bei dem geringsten im folgenden benutzten Inhalt noch eine Kante. Bei mittlerer Füllung zeigten sich die vier Viertel des Ballons sehr verschieden stark ausgedehnt, so dass die Nähte

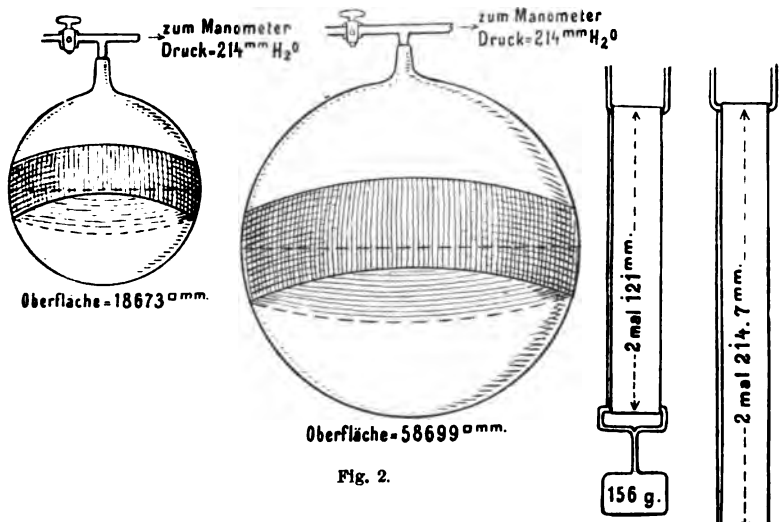


Fig. 2.

nicht entfernt mehr mit Meridianen verglichen werden konnten. Der grösste Umfang des Ballons war dabei etwas elliptisch und zum Aequator schwach geneigt. Die Form ändert sich übrigens mit wechselndem Inhalt.

In ähnlich unregelmässiger Weise dehnen sich alle von mir benutzten Ballons aus. Der Grund dafür ist bereits im vorhergehenden enthalten: So gut wie ein und derselbe Druck bei zwei ganz verschiedenen Füllungsgraden eines (gleichmässig gedehnten) Ballons herrschen kann, ebenso gut können auch die Theile eines Ballons aus gleichmässigem Material zwei verschiedene Ausdehnungszustände zeigen.

Der später aus dem Ballon geschnittene Streifen lief ungefähr um den Aequator. Die Oberfläche sowohl als auch besonders der grösste Umfang eines solchen Körpers muss also grösser sein, als bei einer Kugel gleichen Inhalts.

Hiernach ist es also von vornherein ausgeschlossen, dass die oben angeführten Quotienten der Gewichte und der Oberflächen genau gleich sind.

Tabelle II enthält einige der Messungsresultate, Fig. 3 gibt dieselben in Curvenform.

Tabelle II.

A.

	Gummiballon					Aus dem Ballon geschnittenes Band			
	1. Eingeführte Luft, bei Atm.-Druck gemessen in ccm	2. Inhalt, corrig. für d. unter 3. angef. Druck $\frac{1}{6}d^3\pi$	3. Druck in mm H_2O	4. Berechnete Kugeloberfl. in qmm $d^2\pi$	5. Berechnete Peripherie des grössten Kugelkreises in mm $d\pi$	6. Länge des Bandes in mm	7. Dehnendes Gewicht in gr	8. Länge des Bandes in mm	9. Dehnendes Gewicht in gr
	105	—	1	—	—	—	—	—	—
	140	—	2	—	—	—	—	—	—
	175	—	38	—	218	—	—	—	—
	210	—	150	—	—	—	—	—	—
a)	—	(219)	(176)	17570	234,9	235	120	235,8	127
b)	245	240	214	18673	242	242	156	249,4	182
c)	280	273	258	20358	253	253	198	262	235
d)	315	306,6	281	21988	263	263	237	271	261
e)	350	340,2	295	23568	272	272	263	277	278
e')	385	374,25	295	25114	281	281	287,5	285	302
	420	408	295,5	26613	289	289	315	—	—
e'')	(432)	(420)	(295)	27118	292	292	320	—	—
	490	—	289	—	—	—	—	—	—
	525	—	284	—	—	—	—	—	—
d')	(542,5)	(528)	(281)	31593	315	315	376	—	—
	560	—	278	—	—	—	—	—	—
c')	700	683	258	37600	344	344	434	—	—
b')	1365	1337	214	58699	429	429	571	—	—
	2100	—	193,5	—	—	—	—	—	—
a')	3220	3166	176	104270	572	572	755	—	—
	—	—	—	—	—	534	700	—	—
	—	—	—	—	—	610	800	—	—
	—	—	—	—	—	686	900	—	—
	—	—	—	—	—	756	1000	—	—
	—	—	—	—	—	1134	1500	—	—
	—	—	—	—	—	1162	1600	—	—
	—	—	—	—	—	1176	1700	—	—
	—	—	—	—	—	1184	1800	—	—

B.

Druck	10. Quotient der Oberflächen	11. Quotient der Gewichte	12. Differenz der Quotienten in Sp. 10 u. 11	13. Verlängerung von $d\pi$, für welche die Quotienten der Gewichte gleich denen der Oberflächen sein würden
mm H_2O			%	mm
176 $\frac{a'}{a}$	5,93	6,29	6	+ 0,8
214 $\frac{b'}{b}$	3,14	3,66	16	+ 7,4
258 $\frac{c'}{c}$	1,85	2,19	18	+ 9
281 $\frac{d'}{d}$	1,44	1,58	10	+ 8
295 $\frac{e'}{e}$	1,06	1,09	3	+ 5
295 $\frac{e''}{e}$	1,15	1,22	6	+ 4

In Fig. 3 B sind die Längen des Bandes in mm als Ordinaten, die dehnenden Gewichte als Abscissen eingetragen.

Für Fig. 3 A haben die grössten Kugelkreise (die aus dem gemessenen Inhalt des Ballons berechnet sind) dieselben Abscissen, wie die ihnen gleichen Längen des Bandes; die Ordinaten geben den Druck im Ballon in mm H_2O für die den Kugelkreisen entsprechenden Füllungsgrade. Die Curve A kann auf diese Weise direct mit B verglichen werden, gibt aber kein treues Bild der Beziehung zwischen Druck und Füllung.

Man vergleiche zuerst Spalte 1 und 2 der Tabelle II mit 3: Bei einer Füllung mit 140 cm Luft ist noch kaum ein Ueberdruck (2 mm H_2O) vorhanden. Dann steigt aber der Druck rapide an, erreicht bei ca. 340 ccm nahezu sein Maximum (295 mm), bleibt auf dieser Höhe ungefähr bis zu einem Inhalt von 420 ccm und sinkt bei weiterer Inhaltsvermehrung langsam und immer langsamer. Das Druckgebiet von 176 bis 295 mm H_2O entspricht auf dem aufsteigenden Ast Fig. 3 Curve A einer Inhaltsvermehrung von etwa 220 auf 420 ccm, also auf weniger als das Doppelte, auf dem absteigenden Ast einer solchen von 420 auf 3166, also auf das Sieben- bis Achtfache. Die Werthe mit gleichem Druck sind in der Tabelle II mit denselben Buchstaben bezeichnet.

Von den eingeklammerten Werthen sind die unter *a* graphisch, die unter *e''* und *d'* durch Rechnung ermittelt. Spalte 4 enthält

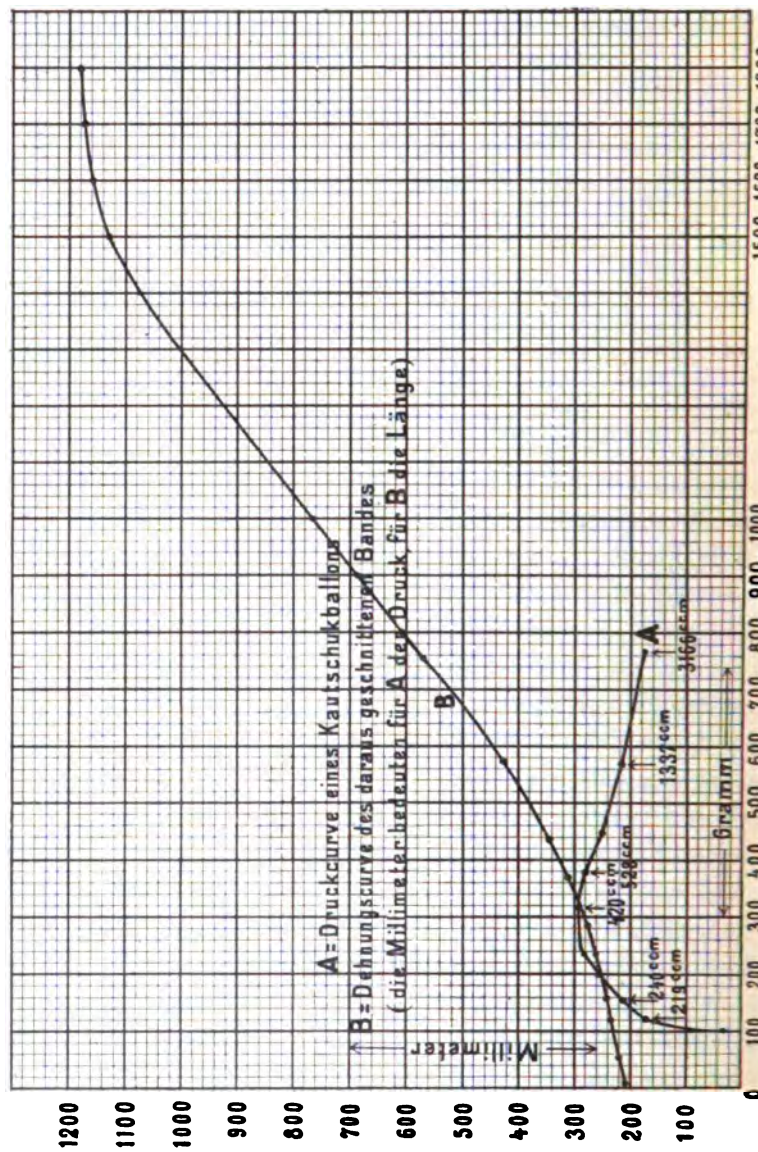


Fig. 8.

die aus dem Inhalt (Spalte 2) berechneten Kugeloberflächen, Spalte 5 die Peripherieen der grössten Kugelkreise. In Spalte 6

sind die diesen Kreisperipherieen gleichen Längen des aus dem Ballon hergestellten ringförmigen Gummibandes gegeben, in Spalte 7 die Gewichte, welche das Band auf diese Länge dehnen.

Dem Druck von 176 mm H_2O entsprechen die Kugeloberflächen $a' = 104270$ qmm und $a = 17570$ qmm, sowie die Gewichte $a' = 755$ g und $a = 120$ g. Durch Division erhält man für die Oberflächen $\frac{a'}{a} = \frac{104270}{17570} = 5{,}93$, für die Gewichte $\frac{a'}{a} = \frac{755}{120} = 6{,}29$.

In dieser Weise ist Spalte 10 und 11 der Hülfstabelle B berechnet.

Die Differenzen je zweier zusammengehöriger Quotienten (Spalte 12) betragen im höchsten Fall 18%. In Wirklichkeit dürfte aber die Uebereinstimmung noch sehr viel weiter gehen. Beachtet man, dass sich der Ballon bei stärkerem Aufblasen der Kugelform mehr nähert, und dass bei den Zuständen geringerer Ausdehnung der grösste Umfang der war, aus welchem das Band geschnitten wurde, so darf man annehmen, dass für diese Zustände (*a*, *b*, *c*, *d* und *e*) der Umfang grösser als der in Spalte 5 berechnete ist. In Spalte 8 und 9 sind die Längen des Bandes und die dazu gehörigen dehnenden Gewichte angeführt, für welche die Quotienten der Gewichte denen der Oberflächen gleich sein würden. Um z. B. den Fehler von 6% bei *a* (176 mm Druck) auszugleichen, braucht man nur eine Vergrösserung der Peripherie um 0,8 mm anzunehmen, für die übrigen Werthe eine solche von 4 bis 9 mm (vgl. Spalte 13).

Man sieht aus der Tabelle, dass die Dehnung des Kautschukbandes durch Gewichte sehr viel weiter getrieben ist, als die des Ballons. Der stärksten Füllung des Ballons (mit 3166 ccm) entspricht eine Bandlänge von 572 mm bei 755 g Belastung, die grösste überhaupt erreichte Bandlänge ist aber 1184 mm bei 1800 g Belastung. Rechnet man für die vier letzten Werthe (von 1500 bis 1800 g) — die Bandlängen wieder als grösste Kugelkreise betrachtet —, die Kugeloberflächen aus und zieht noch zum Vergleich den Werth 572 mm bei 755 g heran, so sieht man von diesem bis zu dem folgenden Werth (1500 g) die Gewichte noch

bedeutend langsamer (1 : 2) wachsen, als die Oberflächen (1 : 4); von da ab jedoch wachsen die Gewichte schneller:

Tabelle III.

Gewicht	Gemessene Bandlänge	Berechnete Kugeloberfläche	Verhältniss der aufeinander folgenden Gewichte	Verhältniss der aufeinander folgenden Oberflächen
755 g	572 mm	104 270 qmm		
1500 »	1134 »	409 330 »	1 : 1,987	1 : 3,935
1600 »	1162 »	420 020 »	1 : 1,067	1 : 1,026
1700 »	1176 »	440 220 »	1 : 1,063	1 : 1,048
1800 »	1184 »	446 220 »	1 : 1,059	1 : 1,014

Hätten wir also den Ballon noch sehr viel stärker gefüllt, so würde der Druck ungefähr bis zu dem Umfang von 1134 mm gesunken, dann aber wieder langsam angestiegen sein. Der Endwerth von 1184 mm würde als Umfang einer Kugel von 28 l Inhalt entsprechen. Da ich nur bis etwa auf $^1/_9$ dieser Füllung gegangen war (3,2 l), so hielt ich eine experimentelle Prüfung für wünschenswerth. Ich füllte einen dem vorigen in Grösse und Wandstärke nahezu gleichen Ballon, indem ich jedesmal 300 ccm, bei Atmosphärendruck gemessen, einführte. Nur die ersten 900 ccm wurden in kleineren Portionen bis herab zu 50 ccm eingeführt.

Der Ballon hatte sein Druckmaximum (203 mm) bei einer Füllung mit 550 bis 600 ccm; der Druck sank bis auf 97 mm bei 12300 ccm, stieg dann wieder bis 127,3 mm bei 29400 ccm, und sank nochmals[1]) bis 121,5 mm bei 30900 ccm. Kaum war der letzte Werth abgelesen, als der Ballon platzte.

Ich habe noch eine Eigenschaft des Kautschuks zu erwähnen, welche die Untersuchung erschwert: den Dehnungsrückstand oder die elastische Nachwirkung.

Wir haben gesehen, dass bei allmähligem Aufblasen eines Ballons die Druckwerthe (als Curve betrachtet) sehr bald ihr Maximum erreichen, um dann langsam zu sinken. Entlässt man nach und nach die Luft aus dem Ballon, so sieht man allerdings

1) Vielleicht schon beginnende Continuitätstrennungen.

den Druck wiederum steigen und findet auch das Druckmaximum ungefähr bei demselben Füllungsgrade wie vorher, aber alle Druckwerthe sind niedriger; eine daraus construirte Curve würde der vorigen ähnlich, aber flacher sein. Erst wenn man den collabirten Ballon mit der Hand etwas gerieben hat, erhält man bei erneutem Aufblasen dieselben Resultate wie vorher. Eine Ausnahme macht das erste Aufblasen eines neuen Ballons: man findet dabei das Druckmaximum viel höher, als bei den späteren Füllungen. Ebenso kehrt auch ein belastetes Kautschukband nach der Entlastung erst durch Reiben annähernd zu der ursprünglichen Länge zurück, vollkommen erst nach längerer Zeit. Umgekehrt findet, wenigstens bei sehr starker Belastung, die Verlängerung erst allmählich statt: Das aus dem Ballon hergestellte Band wurde mit 1010 g belastet, seine (ganze) Länge betrug 760 mm; sie stieg schnell auf 780 mm; durch leichten Zug am Gewicht wurde ihm eine auf- und abgehende (wippende) Bewegung ertheilt, und so wuchs die Länge schliesslich auf 868 mm.

Die Erscheinung, dass das entlastete Band oder der entleerte Ballon erst unter Beihülfe der Hand die frühere Form wieder annehmen, zeigt, dass die inneren Widerstände, welche dem entgegenstehen, nicht völlig durch die elastische Kraft überwunden werden. Das kann nicht auffallen, da bei starker Dehnung das Kautschuk sich erwärmt[1]); durch Strahlung geht also ein Theil der Kraft in Form von Wärme verloren. Von der Vermuthung ausgehend, dass auch der Ersatz in Form von Wärme geschehen könne, legte ich einen Ballon, der stark gefüllt gewesen und nach dem Collabiren runzelig war, vorsichtig auf 40 bis 50° warmes Wasser: sofort wurde er wieder glatt.

Noch eine andere Beobachtung, die ich weiter zu verfolgen gedenke, möge hier ihren Platz finden: Führt man das Auf- und Abwippen bei verschiedener Belastung aus, so wird das Tempo mit wachsender Last erst langsamer, dann wieder schneller:

1) Ueber Dehnung von Kautschukbändern liegen bereits Versuche vor, welche unter anderem zeigen, dass bei schwacher Dehnung Abkühlung, bei starker dagegen Erwärmung stattfindet.

Tabelle IV.

Belastung in g:	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Zeit in Secunden für 10maliges Auf- und Niedergehen	2	2,9	3,8	5,3	6,6	8,1	8,9	9,1	8,9	7,9

Belastung in g:	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
Zeit i. Sec. u. s. w.:	6,7	5,4	5,0	4,5	4,5	4,2	4,1	4,1.

Die Zeitangaben sind Mittelwerthe aus mehreren (bis acht) Beobachtungen.

Eine Beziehung, etwa zu den Wendepunkten der Dehnungscurve, habe ich bis jetzt nicht nachweisen können.

Aus dem Vorhergehenden wissen wir, dass man aus der linearen Ausdehnung eines Kautschukbandes die relativen Druckverhältnisse in einem Ballon aus demselben Material herleiten kann und umgekehrt. Wir haben ferner gesehen, dass — die Länge eines Kautschukbandes mit $d\,\pi$ bezeichnet, seine elastische Kraft, ausgedrückt durch das dehnende Gewicht, anfangs stärker, dann schwächer, und zuletzt wieder stärker als $d^2\pi$ wächst, und dass im Einklang damit der Druck im Ballon anfangs steigt, dann wieder sinkt, dann wieder steigt (und eben vor dem Platzen nochmals sinkt [vgl. S. 234, Anm]).

Daraus folgt in einfacher Weise, dass theoretisch unter anderem auch ein elastisches Material von der Art denkbar ist, dass ein von ihm umhüllter Hohlraum mit wachsendem Inhalt auch einen wachsenden Druck zeigt. Elastische Eigenschaft der letzteren Art hat man bisher — allerdings ohne zu bedenken, dass es auch anders sein kann — allgemein der Lunge zugeschrieben, und wir haben zu prüfen, ob diese Anschauung berechtigt ist oder nicht.

Auch andere von elastischen und contractilen Wänden umgebene Hohlorgane wird man in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen haben.

Zunächst ergibt sich aber für die Lungen noch eine theoretische Schwierigkeit, die sich an Kautschukballons demonstriren lässt. Schon ein einzelner Ballon dehnt sich beim Aufblasen im Allgemeinen nicht gleichmässig aus: Liegt das Druckmaximum für einen Theil des Ballons auch nur um ein Minimum niedriger,

als für den andern, so wird sich, wenn beim Aufblasen dieser Druck erreicht ist, der erstere Theil unter Sinken des Drucks dehnen, der zweite zunächst wieder etwas zusammenziehen. Bläst man zwei an einem T-Rohr befestigte Ballons gleichzeitig auf, so dehnen sie sich ungefähr gleichmässig, bis das Druckmaximum des einen (ca. 193 mm [vgl. Tab. V]) erreicht ist. Von

Tabelle V.

Gleichzeitige Füllung von zwei Ballons l und r.

Inhalt in ccm	Druck in mm H_2O	Durchmesser von l	Durchmesser von r	Bemerkungen
		mm	mm	
0	— 32	—	—	
300	+ 2	—	—	
600	170	—	—	l = r
900	193	—	—	l > r
1200	168	—	—	»
1500	160	—	—	»
1800	154	—	—	»
2100	148,5	148	80	»
2400	144,5	158	79	»
2700	141,5	—	78,5	l ist warm, r ist kalt
3000	139,8	—	—	l > r
3300	137,5	—	—	»
3600	135,5	181	78,5	»
3900	132,4	—	—	»
4200	131,9	192	78	»
4500	129,7	—	—	» l zusammengedrückt, r gross
4500	147,8	89	194 : 202	l < r r etwas gedrückt, l mittelgross
4500	138	—	—	l < r
4500	133,5	—	—	durch Druck l = r gemacht
4500	128,5	—	—	» » l > r (r noch mäss. gross)
4500	124,5	—	—	» » l > r (r ganz klein)
4500	140,8	—	—	» » l < r (l ganz klein).

da ab dehnt sich nur dieser weiter, während der Druck sinkt, der andere wird — wenn auch nur eben messbar — kleiner. Bei dem hier wiedergegebenen Versuch wächst der Durchmesser des grösseren von 148 mm (bei 2100 ccm und 148,5 mm Druck) auf 192 mm (bei 4200 ccm und 131,9 mm Druck); gleichzeitig

sinkt der Durchmesser des kleineren von 80 auf 78 mm. (Man kann so den einen Ballon zum Platzen bringen, während der andere nur wenig gefüllt ist.)

Findet man nun bei einem bestimmten Füllungsgrade, z. B. bei 4500 ccm, einen Druck von 129,7 mm H_2O, und kehrt nun durch Zusammendrücken des grossen Ballons das Grössenverhältniss der beiden Ballons um, so ändert sich auch der Druck (steigt auf 147,8 mm), um bei nochmaliger Umkehr ungefähr wieder die frühere Grösse anzunehmen. Man sieht aus der Tabelle, dass ausser den beiden Grenzlagen auch Gleichgewichtslagen zu erreichen sind, bei denen die Ballons ziemlich gleich gross sind; dabei herrscht dann wieder ein anderer Druck.

Ich habe solche Versuche auch mit einer grösseren Anzahl von communicirenden Ballons ausgeführt; wie vorauszusehen, wächst dabei die Zahl der Druckwerthe für denselben Füllungsgrad; sie lehren aber im übrigen nichts neues und können deshalb übergangen werden.

Fassen wir nun die Resultate der Versuche mit einem und mit mehreren Ballons zusammen, so ergibt sich:

1. Einem und demselben Druck können zwei oder mehr verschiedene Füllungsgrade bei ein und demselben Ballon entsprechen;

2. Einer und derselben Füllung vieler mit einander verbundener Ballons können viele Druckwerthe entsprechen.

Bläst man zwei möglichst gleichartige Ballons gleichzeitig auf, so genügt es oft, den Finger an den einen zu legen, um ihn an der Ausdehnung zu hindern.

Eine sehr geringe Aenderung in den äusseren Widerständen ändert also das Resultat.

Die Lungenalveolen sind, wie ich vermuthe, gleichmässiger als Kautschukballons; wenn wir also vorläufig die — nicht bewiesene — Annahme machen, dass sie sich im übrigen diesen ähnlich verhalten, so würde eine sehr geringe Aenderung in der Lagerung oder der Aufhängung der Lungen Aenderungen in den Druckmessungsresultaten bedingen.

Das würde mit den eingangs beschriebenen Erfahrungen von Heynsius stimmen.

Ich glaubte anfangs den geschilderten Schwierigkeiten aus dem Wege gehen zu können, wenn ich Froschlungen verwendete, die ja gewissermaassen nur aus einer Alveole bestehen:

Diese Einfachheit ist aber nur eine scheinbare; in Wirklichkeit dehnen sich das eine Mal alle Halbalveolen ziemlich gleichmässig, das andere Mal (bei derselben Füllung und derselben Lunge) einzelne Halbalveolen oder Gruppen von solchen sehr stark, während die übrigen wenig gedehnt sind. Bläst man mehrere Male mit derselben Luftmenge auf, so kann es vorkommen, dass man ebensoviele ganz verschiedene Druckwerthe findet, und andererseits begegnet man oft bei ganz verschiedenen Füllungen demselben Druck (z. B.: 12,8 mm Druck bei 0,3, 1,2 und 3 ccm; bei einer andern Lunge 47 mm bei 1 und 2 ccm, 51 mm bei 1,1, 1,7, 3,5, 5,0, 6,0 ccm; bei wiederholter Beobachtung derselben Lunge 18,7 mm bei 1,5 und 5 ccm).

Man findet auch, dass leises Drücken oder Berühren der Lunge eine oft gewaltige Druckänderung zur Folge hat, und soweit wäre das Verhalten der Froschlunge im besten Einklang mit der — sit venia verbo — »Kautschuktheorie«.

Aber bei ausgeschnittenen Lungen bestehen die Druckänderungen auf Berührung fast immer nur in einem Sinken des Drucks, und wenn man auch vielleicht sagen kann, dass durch jeden leisen Druck neue Halbalveolen zur Entfaltung kommen, was eine Druckabnahme zur Folge haben muss, so glaubte ich doch diese Versuche an ausgeschnittenen Lungen, deren ich eine grosse Zahl in verschiedener Weise angestellt habe, mit Misstrauen betrachten zu sollen. Eine Beobachtung aber war es, die mich — in diesem Stadium meiner Versuche — zu der Ansicht brachte, dass die Froschlungen sich in der That dem Kautschukballon ähnlich verhalten: Tödtet man einen Frosch und schneidet ihn sofort auf, so findet man bekanntlich ziemlich oft die eine Lunge gewaltig ausgedehnt, die andere sehr viel kleiner. Die Lungen verhalten sich nun — zu einer Zeit, wo die Circulation höchst wahrscheinlich noch im Gange ist — ganz

ebenso wie zwei an einem T-Rohr befestigte Kautschukballons (vgl. S. 224): Leiser Druck auf die eine Lunge dehnt die andere; beim Nachlassen des Drucks kehren beide in die frühere Lage zurück. Drückt man dagegen die grössere Lunge stärker zusammen, so bläst man dadurch die kleinere dauernd auf; das Grössenverhältniss ist nunmehr umgekehrt und die Lungen befinden sich wiederum im Gleichgewicht. (Man kann das einige Male hintereinander machen, nach und nach pflegt aber Luft durch den Kehlkopf zu entweichen, und schliesslich nehmen die Lungen annähernd gleiche Grösse an.)

Da ich aus den Versuchen mit Kautschuk wusste, dass dies Verhalten auf elastischen Kräften beruhen konnte, die Versuche an ausgeschnittenen Lungen aber doch nicht ganz dazu stimmen wollten, so musste entweder die Versuchsanordnung eine Fehlerquelle enthalten oder jene Auffassung deckte sich nicht mit der Wirklichkeit.

Was zunächst die Apparate betrifft, mit denen die Füllung und Druckbestimmung vorgenommen wurde, so habe ich für die meisten Versuche mit ausgeschnittenen Lungen einen solchen verwendet, der die Luftmenge auf Hundertstel-Cubikcentimeter genau zu schätzen gestattete, aber etwas unbequem in der Handhabung war. Ich beschreibe deshalb nur die ganz einfache Form, die ich schliesslich am bequemsten fand.

Der eine Schenkel *A* eines U-Rohrs ist in Cubikcentimeter getheilt (Fig. 4) und hat oben zwei Ansätze, von denen der eine *D* zum Aufbinden der Lunge dient, der andere *E* einen engen Schlauch trägt, der durch eine Klemme geschlossen werden kann. Der Raum oberhalb des Nullstrichs ist äusserst gering. Der zweite Schenkel *B* des U-Rohrs trägt oben auf einem übergestülpten Rohr eine Millimetertheilung. Durch einen Ansatz wird das U-Rohr beweglich mit dem Druckrohr *C* verbunden, das in einer Klemme verschieblich ist; die Klemme sitzt an einem (nicht gezeichneten) Stativ mit Zahn und Trieb für die feine Einstellung. Das Wasser in dem Apparat ist der schärferen Ablesung wegen mit Fluorescein gefärbt.

Hat man die Lunge aufgebunden, so bringt man, während *E* offen ist, durch Senken von *C* die gewünschte Menge Luft in den linken Schenkel *A*, schliesst dann *E* und hebt das Rohr *C*, bis das Wasser in *A* den Nullstrich erreicht. In *B* liest man dann den Ueberdruck ab. Steigt das Wasser links über den Nullstrich, so stellt man durch Senken von *C* wieder ein. Senkt man schliesslich *C* bis die Lunge collabirtist, so muss sich in *A* wieder das ursprüngliche Volumen finden; etwaige Undichtigkeiten ergeben sich auf diese Weise sofort. Correcturen für die Schwankungen der Temperatur anzubringen erwies sich als überflüssig.

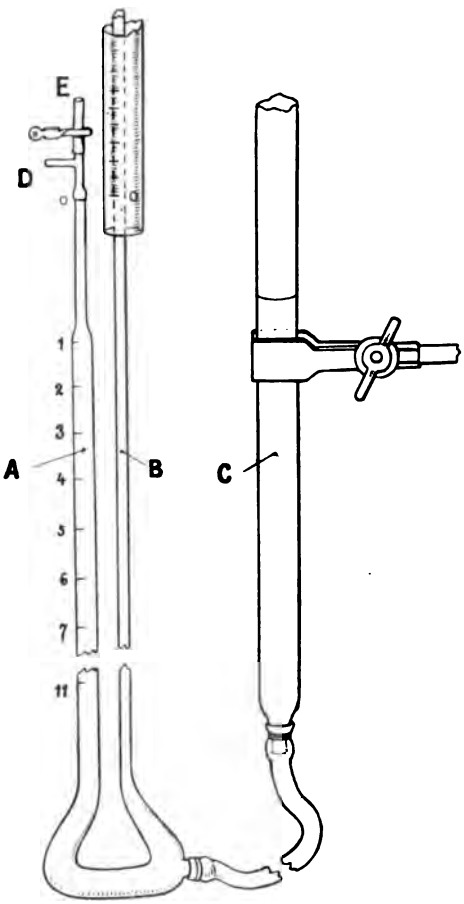


Fig. 4.

Sieht man eine grössere Menge der (nicht mitgetheilten) Versuche mit ausgeschnittenen Lungen durch, so findet man fast regelmässig eine zweifache Druckabnahme.

Erstens ist im Augenblick der vollendeten Füllung der Druck, oft um einen erheblichen Betrag, grösser als gleich nachher; er sinkt dann noch eine Zeitlang weiter, aber immer langsamer; zweitens setzt bei öfter wiederholter Füllung mit der gleichen Menge der Druck zwar jedesmal wieder hoch ein, aber meist nicht so hoch, wie das vorige Mal. Es macht ganz den Eindruck, als ob die Lungen ermüden.

Allerdings kennen wir nur bei Muskeln die Ermüdung, sie wäre aber auch bei elastischen Fasern denkbar: Sie könnten z. B. einen verhältnissmässig lebhaften Stoffwechsel haben, der

vor sich gehen könnte unabhängig davon, ob sie beansprucht werden oder nicht, oder die ihnen ertheilte Spannkraft könnte (nach und nach) zum Theil andere Formen annehmen, ähnlich wie wir beim Kautschuk einen Theil der Spannkraft als Wärme auftreten sehen.

Wie dem aber auch sei, so ist es von vorn herein klar, dass bei einer lebenden mit Blut versorgten Lunge der Druck nicht immerfort abnehmen kann, während es verständlich sein würde, wenn er (für denselben Füllungsgrad) immer derselbe wäre, oder wenn er wechselte, wie beim gleichzeitigen Aufblasen mehrerer Ballons.

Die Frage konnte demnach nur an Fröschen mit erhaltener Circulation entschieden werden. Sie sollen also ganz ohne Blutverlust getödtet und geöffnet werden.

Ich habe das einige Male mit dem Thermokauter versucht; aber — einerlei ob stärkere oder schwächste Gluth angewandt wurde — nach kurzer Zeit begannen die Schnittränder zu bluten.

Man kommt, besonders bei grossen Fröschen und im Sonnenlicht, mit Unterbindungen zum Ziel; es genügt aber nicht, die grossen Stämme zu fassen, sondern man ist gezwungen, auch noch eine ganze Reihe kleiner und kleinster Gefässe zu schliessen. Das ist aber sehr zeitraubend, und ich präparire die Frösche jetzt in folgender Weise: Mit einer schmalen Klinge steche ich das Rückenmark hinter den Trommelfellen ab, zerstöre unmittelbar darauf mit einem stark glühenden Löthkolben durch Haut und Schädeldach hindurch das Gehirn bis an den Einstich und tamponire das entstandene Loch mit plastischem Thon, der mit Gerbsäure angeknetet ist. Nun wird eine mit Kautschukschlauch versehene Glascanüle durch den Kehlkopf bis in das Lumen der rechten Lunge eingeführt. Sie mündet dort mit drei Oeffnungen, einer vorderen und zwei seitlichen unmittelbar darüber (eine Oeffnung wird beim Collabiren der Lunge leicht verlegt).

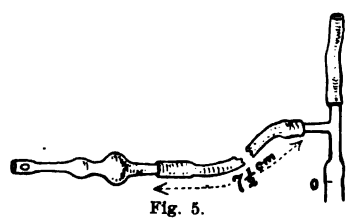


Fig. 5.
(Auf ¾ verkleinert.)

Eine Einziehung zwischen zwei Wulsten sichert ihre Lage im Kehlkopf (Fig. 5).

Jetzt führt man unter der Mundschleimhaut um den Kehlkopf herum, aber in einigem Abstand, einen starken Faden und bindet fest zu. Durch die Lippen gezogene Fäden halten während dessen das Maul weit offen.[1])

Nun wird der Frosch gleich unterhalb des Sternums quer herüber geöffnet. Dazu dienen zwei Metallbügel, die an der convexen Seite eine Rinne und an beiden Enden Löcher haben (Fig. 6). In der Axillarlinie macht man einen kleinen Einschnitt durch Haut und Muskeln und führt einen der Bügel so ein, dass er der innern Thoraxwand anliegt. Man buchtet dann mit dem andern Ende des Bügels die Körperwand vor und führt durch Haut und Muskeln und das Loch des Bügels von hinten nach vorn einen Bindfaden mit Knoten; das andere Ende des Bügels ist ebenfalls mit einem Bindfaden versehen. Bindet man jetzt über der Haut die Bindfäden zusammen, so dass sie Haut und Muskeln in die Rinne quetschen, so sind alle Gefässe geschlossen.[2])

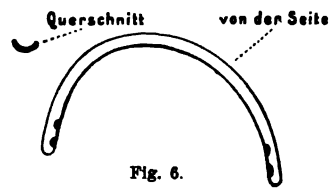


Fig. 6.
(Auf 3/4 verkleinert.)

Nachdem der zweite Bügel in derselben Weise dicht unterhalb des ersten angebracht ist, schneidet man — um die Leber nicht zu verletzen, auf einer Hohlsonde — Haut und Muskeln durch und klappt den Frosch auf.

Die Bügel sind nicht gleichmässig gebogen: die stärkere Krümmung liegt an der rechten Seite des Frosches und schafft der Lunge dort freien Raum. Es ist noch übrig die linke Lunge abzubinden. Um das etwas bequemer zu gestalten, benutze ich eine kleine Gabel mit Löchern in beiden Zinken (Fig. 7). Man

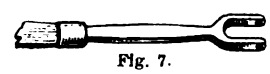


Fig. 7.
(Auf 3/4 verkleinert.)

1) Bei den Vorversuchen habe ich einige Male die Canüle unten in die angeschnittene Lungenspitze eingebunden.

2) Bei einem Vorversuch habe ich zwei entsprechend gebogene dicke Drähte benutzt und Haut und Muskeln darauf festgenäht.

führt die Enden eines Fadens, der mit einer Schlinge versehen ist, durch die Löcher, steckt die Lunge durch die Schlinge, schiebt die Gabel an den Hilus und zieht zu. Eine einfache Schlinge hält genügend. Man kann aber auch die Gabel zurückziehen, die zweite Schlinge machen, wieder einfädeln und zuziehen.

Um für die Leber Raum zu schaffen, entfernt man eventuell einen Theil der Eierstöcke. Meistens habe ich auch die rechte Seite der Leber oben etwas gelöst und den Herzbeutel geöffnet; allzu starke Verlagerung der Leber bringt aber Stauungen mit sich.

Schon vor dem Abstechen bindet man dem Frosch die Hinterbeine an den Knieen zusammen, um störende Reflexbewegungen zu vermeiden; zuweilen zeigten sich während der späteren Beobachtung noch in regelmässigen Intervallen Bewegungen, die beseitigt werden konnten, wenn noch ein ganz kleines Stück des Rückenmarks zerstört wurde. Im übrigen war gerade in diesen Versuchen die Herzthätigkeit am ausdauerndsten.

Während der Operation ist der Frosch an einem Stück Holz mit den Vorderfüssen frei aufgehängt. Für die Verbindung mit dem Füll- und Messapparat wird das Holz so in ein Stativ geklemmt, dass die rechte Körperseite etwas höher hängt als die linke; das Becken und die Hinterbeine werden in passender Weise gestützt. Wenn jetzt noch der enge Kautschukschlauch der Canüle über den Ansatz *D* des Apparates (Fig. 4) gezogen wird, so kann der Versuch beginnen.

Für die geschilderten Vorbereitungen vom Abstechen an habe ich bis jetzt im günstigsten Falle doch noch ¾ Stunden, meistens etwas mehr gebraucht.

Zur Beurtheilung der Circulation in der Lunge diente die mikroskopische Beobachtung des Capillarkreislaufs, die man bei guter Beleuchtung am besten mit ganz schwacher Vergrösserung vornimmt. Gelegentlich habe ich aber selbst Zeiss *D* angewandt. Bei mittelstarker Vergrösserung ist das Bild ausserordentlich schön und zur Demonstration sehr geeignet; auch der Arterienpuls lässt sich gut beobachten. Ein paar Versuche, angestellt an Fröschen, die in der geschilderten Weise vorbereitet waren,

sind in den Tabellen VI *A* bis *D* und VII *A* und *B*[1]) wiedergegeben.

Die verwendeten grossen ungarischen Frösche verdanke ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. von Thanhoffer.

Die mit Blut versorgten Lungen zeigen nun in der That in mehr als einer Richtung ein anderes Verhalten als die ohne (oder mit mangelhafter) Circulation:

Während in diesen oft ein auffallend hoher Druck herrscht, ist er, solange die Circulation vollkommen erhalten ist (bei derselben Lunge und demselben Füllungsgrade) meist um ein mehrfaches geringer.

Bei den Lungen ohne Circulation pflegt der Anfangsdruck bei mehrmaliger Füllung mit demselben Volum immer weiter zu sinken (dies Verhalten war es wesentlich, das die Operationen ohne Blutverlust veranlasste).

So gab z. B. die ausgeschnittene Lunge eines 17 Stunden früher getödteten Frosches bei drei Füllungen mit je 2 ccm die Anfangsdruckwerthe von 77, 58, 48 mm, eine andere Lunge in situ (Frosch mit Blutverlust getödtet) für dieselbe Füllung 130, 82, 28 mm.

Bei erhaltener Circulation gehen diese Werthe, wie erwartet, auf und ab.

So ist z. B. für eine Füllung mit 2 ccm (vgl. Tabelle VI *A*) die Reihenfolge der Anfangsdruckwerthe: 20, 28, 35,5, 27,5, 20,5, 27, 15, 21, 20, 17,5, 15,5, 37 mm H_2O; für eine Füllung mit 3 ccm: 25, 37, 53, 36, 29 mm. (Nach Aufhören der Circulation dagegen für 3 ccm 112 mm [vgl. Tabelle VI *D*].)

Der Anfangsdruck ist höher, wenn die Füllung schnell bewirkt wird; geschieht sie sehr langsam, so kann bei vollendeter Füllung der Druck schon wieder im Sinken sein. Dies Sinken findet nun, höchstens unterbrochen durch kleine positive Schwankungen, mit grosser Regelmässigkeit, ebenso wie bei ausgeschnittenen Lungen, zuerst schneller, dann immer langsamer

(Fortsetzung des Textes auf S. 250.)

1) Sämmtliche Druckwerthe sind 3,5 mm höher als angegeben, weil der Nullpunkt der Scala des Schenkels B (Fig. 4) um so viel höher lag als der Nullstrich des Schenkels A.

Tabelle VI A.

2. 12. 95. Mittelgrosser ungarischer Frosch. Circulation erhalten.

Vorbemerkung: Der Nullpunkt der Scala (Fig. 4) lag 3,5 mm zu hoch; sämmtliche Druckwerthe der Tabellen VI A bis D, VII sind deshalb in Wirklichkeit um 3,5 mm höher als im folgenden angegeben.

In die Lunge eingeführte Luftmenge			Zurückgemess. Luftmenge
1 ccm	Druck:	17 mm 12 6 4,3	ccm
	Zeitpunkt d. Beobachtung:	7 h 10′ 10¼ 12 14	0,75
2 ccm	Druck:	20—18 mm 15 11,5 9 9 10	1,76
	Zeit:	7 h 18¾′ 19 20½ 21 23¼ 25	
3 ccm	Druck:	25 mm 22,5 21 19 19,8 19,9	2,8
	Zeit:	7 h 32′ 33 35 35½ 36½ 40¼	
2 ccm	Druck:	28 mm 26 24 22 22,5 21 21 19,5 19,8	1,85
	Zeit:	7 h 47¼′ 47½ 48½ 49¾ 50¾ 52¼ 53¾ 55 56½	
3 ccm	Druck:	37 mm 33,5 27,5 25 23 25	2,77
	Zeit:	8 h 3′ 4 7 10½ 11¼ 12½	
2 ccm	Druck:	35,5—32 mm 28,5 23 21 17 17	1,7
	Zeit:	8 h 18′ 18¼ 20 20½ 34 36¼	
3 ccm	Druck:	53 mm 40 39,3 35 30 30 27	2,7
	Zeit:	8 h 45′ 46¾ 48 49¼ 50½ 53 54	
2 ccm	Druck:	27,5—25 mm 21 22,5	1,9
	Zeit:	8 h 57¾′ 58¾ 59	
4 ccm	Druck:	51,5—50 mm 46 28 30 27 24,5 22,5 22	3,7
	Zeit:	9 h 3½′ 3¾ 7¾ 9¼ 10 12 13 13¼	
2 ccm	Druck:	20,5—19 mm 16,5 15 13—12,5 12 12	1,84
	Zeit:	9 h 17′ 17½ 18 19½ 21½ 24	
2 ccm	Druck:	27—21 mm 19 17,5 16 15,5 15	1,9
	Zeit:	9 h 29′ 29¼ 29¾ 30¼ 30¾ 31¼	
3 ccm	Druck:	36 mm 33 28	2,85
	Zeit:	9 h 39′ 40 41	
4 ccm	Druck:	47,5 mm 45,5 37,5 33 28,5 25	3,7
	Zeit:	9 h 47′ 47½ 49¼ 50½ 52 53½	
0,5ccm	Druck:	9 mm	0,3
	Zeit:	10 h 1½′	
5 ccm	Druck:	51 mm 47 42,5 39 34,5 29,5 26,5 23,5 21 20,5	4,4
	Zeit:	10 h 6½′ 6¾ 7¾ 9½ 10½ 14¼ 16¾ 21¾ 25 30	
5 ccm	Druck:	46 mm 43 36 33 31,5 28 28,5 26	4,6
	Zeit:	10 h 50′ 50¼ 51¾ 53¼ 54¼ 55¼ 57 58¾	11 h 0′
2 ccm	Druck:	15 mm 12,5 11 10 8 8,5 8	1,73
	Zeit:	11 h 16′ 16½ 17½ 18¾ 20 20¼ 21¾	
3 ccm	Druck:	29 mm 23 20,5 18,5 16,5	2,8
	Zeit:	11 h 26′ 27 28 29¼ 30	11 h 30¾
6 ccm	Druck:	52 mm 45,5 41,5 38,5 33,5 27,5 24,5 23,5 25 22 22,5	5,25
	Zeit:	11 h 32¾′ 33¼ 33¾ 35¼ 37 42 46 48 49 51 52	

Der Frosch wird zugebunden und feucht aufbewahrt; am andern Mittag (nach ca. 12 Stunden) wird die Beobachtung fortgesetzt (vgl. Tab. VI B).

Tabelle VI B.

3. 12. 95 (derselbe Frosch wie Tab. VI A). Circulation erhalten.

In die Lunge eingeführte Luftmenge			Zurückgemess. Luftmenge
			ccm
2 ccm	Druck:	21 mm 19,5 15 16 16	1,65
	Zeit:	12 h 25 p. m. 26 28 29½ 31½	
2 ccm	Druck:	20 mm 14,5 13 11 9 8 7,5 7 6,5	1,82
	Zeit:	12 h 36′ 36½ 37 38½ 40½ 41 42¼ 43½ 45½	
2 ccm	Druck:	17,5—16 mm 13 11,5 10 8,5 9 7,5 7	1,87
	Zeit:	12 h 48½′ 49 49¼ 50 51½ 52¼ 53¾ 55	
2 ccm	Druck:	15,5 mm 11,5 10 9 8 7,5 7	1,88
	Zeit:	12 h 58′ 58½ 59 59¾ 1 h 0¾ 2 3	
4 ccm	Druck:	30 mm 28,5 26,5 26 21 18	3,76
	Zeit:	1 h 6¼′ 6½ 7 7½ 13 17	1 h 17½

Tabelle VI C.

Wirkung des Inductionsstroms.

3. 12. 95 (derselbe Frosch wie Tab. VI A und B). Circulation erhalten.

2 ccm	Druck:	37 mm 35 31 20 20	1,78
	Zeit:	8 h 1′ p. m. 1¾ 3 6 7½	
		unpolarisirbare Thonelektroden an die Lunge angelegt — Beginn der Reizung (Rollenabstand 183 mm)	
4 ccm	Druck:	46 mm 43 33 21 — 21 —	—
	Zeit:	8 h 11′ 11¼ 14 23 27 27¾ 29	
		R.-A. 155 mm — Ende d. Reizung	
	Druck:	21 mm — 29 29 — 23 19,5 18 17	—
	Zeit:	8 h 29½′ 31 32 33 — 34¼ 35½ 36¾ 41	
		Reizg. (Druck steigt nach 11 Sec.) — Ende der Reizung	
	Druck:	28 28 — 25 22,5 20 19 17	—
	Zeit:	8 h 42′ 43 43½ — 44¼ 44¾ 45¼ 45¾ 46¼	
		Reizg. (R.-A. 130 mm) Druck steigt nach 10″ — nach 29″ nach 70″ nach 90″ nach 105″ — Ende d. Reizg.	
	Druck:	17 mm — 29 30 28,5 27	—
	Zeit:	8 h 47′ — — — — —	
		60″ nach Ende d. Reizung — 100″ n. E. d. R. — 150″ n. E. d. R.	
	Druck:	21,5 mm 18 16	nicht gemess.
	Zeit:	— — —	

Tabelle VI D.

5. 12. 95 (derselbe Frosch wie Tab. VI A—C.). Keine Circulation.

In die Lunge eingeführte Luftmenge			Zurückgemessene Luftmenge
3 ccm	Druck:	112 mm 81 61,5 56 52 41 30	2,88
	Zeit:	1 h 1′ 1 2 3 6 12 24	
		Aether Aether	
4 ccm	Druck:	125 mm 82 40 — 51 33,5	3,7
	Zeit:	2 h 49½′ 52¾ 3 h 4½ 10½ 11 13¼	
5 ccm	Druck:	109 mm 41 41	4,8
	Zeit:	3 h 29′ 35 52	
7 ccm	Druck:	132 mm 90 77 57,5	7,1
	Zeit:	3 h 58′ 59 4 h 1′ 6½	4 h 6′

Tabelle VII A.

8. 12. 95. Grosser ungarischer Frosch. Circulation erhalten. (Kohlensäure.)

			ccm
2 ccm Luft	Druck:	15—7 mm 3	2,1
	Zeit:	2 h 47 p. m. 48	
2 ccm Luft	Druck:	11 mm 7 8 6 5	1,85
	Zeit:	2 h 51¾′ 52¼ 53 53¾ 56¼	
3 ccm Luft	Druck:	13 mm 11,5 10 8 8 8	2,7
	Zeit:	3 h 1½ 2 2½ 3¼ 5 10	
3 ccm Luft	Druck:	9 mm 8 7 6 5 5	2,75
	Zeit:	3 h 13½′ 14 15 16¾ 17¼ 18¼	
4 ccm Luft	Druck:	12,5—10,5 mm 9,5 9 7,5 8	3,7
	Zeit:	3 h 22′ 22½ 23½ 25½ 30	
4 ccm CO_2	Druck:	5 mm 1 0 unter Null (vgl. Vorbem. Tab. VI A)	1,65
	Zeit:	3 h 36′ 36½ 36½ 37¼	3 h 38¼
4 ccm CO_2	Druck:	6,5—3 mm 0 unter Null	1,93
	Zeit:	3 h 40½′ 40¾ 41	3 h 42¼
4 ccm Luft	Druck:	20 mm 16 14 12 11 5	3,77
	Zeit:	3 h 45½′ 46 46¼ 46¾ 47 49	
4 ccm Luft	Druck:	10—7,5 mm 5,5 5 4,5	3,85
	Zeit:	3 h 53′ 53¾ 54¼ 54¾	3 h 55¼
6 ccm Luft	Druck:	15—14 mm 13 11 10 10	5,65
	Zeit:	4 h 4′ 4¼ 5½ 7 10½	4 h 11½
6 ccm Luft	Druck:	23—22 mm 19 16,5 14,5 12,5 15,5 14 14	—
	Zeit:	4 h 44¼′ 44¾ 46¼ 47 47¼ 48 48¾ 49½	

(Die Versuche wurden noch vier Stunden fortgesetzt: Wirkung des Inductionsstroms gering, Wirkung von Aetherdampf und Luft, in die Lunge gebracht, ungünstig für die Beobachtung.)

Tabelle VII B.

11. 12. 95. (Derselbe Frosch wie Tab. VII A.) Keine Circulation. Massage.

(Ein Ausrufungszeichen vor der Zahl bedeutet Massage.)

In die Lunge eingeführte Luftmenge			Zurückgemess. Luftmenge
			ccm
5 ccm	Druck:	75-64 53 44 35 25 21 16 15 12 10 10 8,6 8,5 9 8,6 8,6 9	5,05
	Zeit:	7 h 1½ 2 3 6 7 8 8½ 9½ 10½ 11 12 13 14 14½ 15½ 17½ 18½	
3 ccm	Druck:	17—15 ! 7 5—6 ! 5,5 ! 4,5 5,2 ! 5,5 ! 5,8	2,96
	Zeit:	7 h 21 22¾ 23¼ 24¼ 25 26 26¾ 28½	
6 ccm	Druck:	31—28 22 ! 11 ! 9—10 ! 8,5 ! 8 ! 7—7,5 8 ! 7,5—8	6,03
	Zeit:	7 h 31' 31½ 32 33 33¾ 34¾ 36 37 38½	
7 ccm	Druck:	32—31 25 20 18 ! 12,5 ! 9 ! 7,5 ! 7,5 8 ! 7,5 8,5 ! 7,5 8	7,06
	Zeit:	7 h 42' 42½ 44 47½ 48½ 49½ 50½ 51½ 52½ 53½ 55 55½ 57½	
5 ccm	Druck:	16 12,5 ! 7 ! 6 ! 5 ! 5	4,9
	Zeit:	8 h 1' 1½ 2 2¾ 4 5½	
7 ccm	Druck:	22 ! 9 ! 8 ! 8 ! 7 ! 7	7,07
	Zeit:	8 h 7½' 8 9 9½ 10½ 11	
8 ccm	Druck:	23—22 ! 10 ! 8,6 ! 8,5 ! 8,0 ! 8,0 ! 7,4 ! 7,4	8,0
	Zeit:	8 h 15' 15½ 16½ 17 18 19 20 21	
7 ccm	Druck:	15 ! 7 ! 7 ! 6 ! 6,3 ! 6,5	7,03
	Zeit:	8 h 24' 25 25½ 26½ 28 29	
4 ccm	Druck:	11 ! 6 ! 5 ! 5 ! 5	3,97
	Zeit:	8 h 31½' 32 33 33½ 34½	
5 ccm	Druck:	13,5 ! 7 ! 6 ! 6,4 ! 6,3 7	5,03
	Zeit:	8 h 37½' 38 39 40 41 42	
7 ccm	Druck:	18 ! 8 ! 7 ! 6,5 ! 7 Aetherdampf aussen auf die Lunge geleitet 10 ! 7,5	7,2
	Zeit:	8 h 45' 46 47 48 51 55½ 56¼	
6 ccm	Druck:	16 Aetherdampf: 13,5 12 11	6,15
	Zeit:	9 h 0' 2 3 4	
6 ccm	Druck:	22—20 ! 7 ! 6,5 ! 5,8 ! 6	5,9
	Zeit:	9 h 17' 18 18½ 19½ 20	
9 ccm	Druck:	22 18 ! 9 ! 7,6—8,5 ! 8 ! 7,5 ! 7,5	9,0
	Zeit:	9 h 23½' 24 25 25½ 26½ 28 —	
10 ccm	Druck:	18 ! 10 ! 8,5 ! 8 ! 7,5 ! 7,5	10,0
	Zeit:	9 h 31' 32 33 33½ 34½ 35	
11 ccm	Druck:	20 ! 7 ! 6 ! 6,4 ! 6,4	11,05
	Zeit:	9 h 38' 39 40 40½ 41	
7 ccm	Druck.	12 ! 5,4 ! 5 ! 5	7,0
	Zeit:	9 h 44½' 45½ 46 47	
12 ccm	Druck:	29 27 ! 9,5 ! 8,5 ! 8 ! 8	ca. 12,1
	Zeit:	9 h 52¼' 52½ 53½ 54 55 56	
13 ccm		Die Lunge collabirt langsam (undicht)	

statt. — Diese Erfahrungen wiesen auf die Betheiligung contractiler Elemente hin.

Ich legte also zwei unpolarisirbare Elektroden direct an die Lunge und reizte (vgl. Tabelle VI *C*).

Bei einem Rollenabstand von 155 bis 130 mm stieg 10 bis 11 Secunden nach jeder Reizung der Druck recht erheblich an, um beim Aufhören der Reizung wieder zu sinken. Bei lange andauernder Reizung erhält sich der Druck nicht ganz auf der Höhe. Bei 4 ccm Füllung wurde in dieser Weise der von einem Anfangswerth von 46 mm auf 21 mm gesunkene Druck durch Reizung auf 29 mm gehoben, dann von 17 auf 28 mm (R.-A. = 155 mm), endlich von 17 auf 30 mm (R.-A. = 130 mm). Höhere Werthe lassen sich wohl deshalb nicht erzielen, weil die Elektroden einander ziemlich nah liegen müssen; andernfalls gehen Stromschleifen durch den Körper und veranlassen Muskelcontractionen, die dann allerdings von sehr starken, aber nicht einwandfreien Druckschwankungen begleitet sind.

Bei andern Fröschen erzielte ich noch geringere, aber immerhin deutliche Drucksteigerungen, und nur bei einem eine momentane Erhebung von 8,5 mm auf eine sehr bedeutende Höhe, die dann sofort auf 23 mm sank (R.-A. = 110 mm).

Aus dem Verhalten gegen den Inductionsstrom ergibt sich, dass der Druck in der Froschlunge nicht ausschliesslich und nicht einmal wesentlich von nur elastischen Elementen abhängt.

Der ausnahmslos beim Aufblasen auftretende höhere Anfangsdruck lässt sich so erklären, dass die Dehnung als directer Reiz auf contractile Elemente wirkt, denn ausgeschnittene Lungen zeigen dasselbe Verhalten.

Bei Säugethieren ist starke Inspiration ebenfalls ein Exspirationsreiz.

Ausgeschnittene und überhaupt Lungen ohne Circulation zeigen im Ganzen einen viel höheren Druck als solche mit Circulation; man darf also wohl in mangelnder Ernährung eine weitere Reizursache annehmen. Vollständiges Absterben tritt jedenfalls erst sehr spät nach Aufhören der Circulation ein, da

Collabirenlassen und Wiederaufblasen den vorher tief gesunkenen Druck stets wieder bedeutend hebt.[1])

In der Froschlunge sind glatte Muskelfasern vorhanden; ob ausser diesen der Tonus der Gefässmuskulatur und etwa auch der Capillaren von Einfluss auf den Druck sind, muss einstweilen dahin gestellt bleiben; von der Fläche gesehen, nehmen die Capillaren vielleicht zwei Drittel des Raumes ein.

Die Art der Ausdehnung der Lunge kann verschieden sein: Meist ist ihre Oberfläche glatt; zuweilen aber sind die Alveolen stark vorgebuchtet, was auf stärkere Contraction der Septa deutet.

Aus den Beobachtungen über den Druck in Lungen mit vollkommen erhaltener Circulation kann man ableiten:

1. Einem und demselben Druck können mehrere Füllungsgrade entsprechen.

2. Einer und derselben Füllung können mehrere Druckwerthe entsprechen.

Dieselben Sätze hatten wir aus den Versuchen mit Gummiballons abgeleitet (vgl. S. 238).

Die Froschlungen verhalten sich also thatsächlich so, wie eingangs (vgl. S. 222 f.) aus Gründen der Zweckmässigkeit vermuthet wurde.

Weiter aber geht zunächst die Aehnlichkeit zwischen Lungen und Kautschukballons nicht: Der regulirbare Muskelapparat der Lungen schafft eine weit grössere Unabhängigkeit des Drucks von der Füllung, als mit Hülfe nur elastischer Wände möglich wäre.

Der Einfluss der Elasticität wird also nur heraustreten, wenn der contractile Apparat arretirt ist. Von diesem Gesichtspunkt aus haben die höchsten (durch Vagusreizung?) erreichbaren und die niedrigsten Werthe ein besonderes Interesse.

---

1) Die Wirkung von constanten und Inductionsströmen direct und vom Nerven aus bei Lungen mit und ohne Circulation soll weiter verfolgt werden; es dürfte jedoch schwierig sein, ohne Blutverlust den Vagus freizulegen.

Die Erregbarkeit durch den Inductionsstrom nach Aufhören der Circulation habe ich einmal geprüft; sie schien geringer.

Ich habe zunächst nur versucht, die niedrigsten Werthe zu erhalten, indem ich Lähmung der glatten Muskulatur anstrebte.

Aether mit Luft gemischt in oder auf die Lungen gebracht wirkt drucksteigernd, Herzthätigkeit und Capillarkreislauf bleiben volkommen erhalten, die Reflexerregbarkeit nimmt ab.

Atropin in 2 proc. Lösung direct auf die Lunge gebracht gab in geringer Menge (ca. 2 Tropfen) nach ca. 4 Minuten keine Wirkung, in grösserer bald eine geringe Steigerung, nach längerer Zeit eine mit bedeutender Druckerhöhung verbundene Abnahme der Herzthätigkeit: Schon nach 1/4 Stunde hat der Capillarkreislauf aufgehört, in den Arterien rückt bei jedem Herzschlag das Blut vor und zurück (Contraction der Capillaren?), nach einer Stunde steht das Herz fast still. Die Arterien scheinen stark verengt zu sein.[1])

Besser geeignet zur Herabsetzung des Tonus der contractilen Elemente ist bei Lungen ohne Circulation eine vorsichtige Massage (vgl. Tabelle VII *B*).

Drückt man mit einem oder zwei mit physiologischer Kochsalzlösung befeuchteten Fingern die Lunge so, dass der Druck momentan erheblich steigt, so sinkt er nachher bedeutend.

Wiederholt man das einige Male, so kommt man an eine Grenze, wo der Druck mit Schwankungen von etwa 1 mm nach jedesmaligem Massiren derselbe ist.

Es ist mir zweifelhaft, ob es sich, auch bei den allerniedrigsten Werthen, um eine vollkommene Erschlaffung der Muskeln handelt.

Ich habe wenigstens einmal (vgl. Tabelle VII *A*, Anfang) bei einer Lunge mit voller Circulation ohne Berührung noch niedrigere Werthe beobachtet.

Ich stelle aus einem Versuch (Tabelle VII *B*) die niedrigsten durch Massage erreichten Werthe mit den zugehörigen Füllungen zusammen, bemerke aber, dass der Versuch angestellt wurde, bevor ich die Bedeutung dieser unteren Grenzwerthe erkannt

---

1) Die Einwirkung von Giften auf den Druck soll weiter verfolgt werden.

hatte; man würde vielleicht noch etwas energischer massiren können.

Inhalt in ccm:	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Druck in mm H_2O	8	8,5	8,5	9,3	8,5	10,9	11	11	9,5	11,5

Es bedarf noch weiterer Versuche, um auf diesem Wege eine Grundlage zu schaffen für eine Beurtheilung des Antheils, welchen die nur elastischen Bestandtheile der Lungenwand an dem Druck haben.

Ueber Elasticität und Verkürzungsgrösse glatter Muskeln scheinen Beobachtungen nicht vorzuliegen; sind sie ähnlich wie bei den quergestreiften, so dürften die glatten Muskeln (wie eine einfache Rechnung lehrt) bei geringen Füllungsgraden im Ruhezustand geschlängelt liegen; ihre Elasticität würde also erst bei vermehrter Füllung für den Druck mit in Betracht kommen.

Auch die schon (S. 241) angedeutete Frage nach der Abhängigkeit der elastischen Elemente vom Kreislauf bedarf noch der Erledigung; die dazu angestellten Versuche sind aber nicht entscheidend, solange Muskelcontractionen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen sind.

Es sei noch erwähnt, dass ich auch Schwimmblasen von Fischen auf ihre Elasticität untersucht und an diesen, sowie an Froschlungen die Längsdehnung durch Belastung zu bestimmen versucht habe.

Ueber Säugethierlungen sind in den letzten Jahren eine Reihe von Abhandlungen erschienen, die den Einfluss der Bronchialmuskeln auf den In- und Exspirationsdruck zum Gegenstand haben, und diese Muskeln als werthvolles Object zum Studium der glatten Muskelfasern kennen gelehrt haben.

Es handelt sich bei diesen Arbeiten aber nicht um den Druck in ruhenden, mit einer bestimmten Luftmenge gefüllten Lungen, sondern um die Schwankungen nach oben und unten, die um so grösser sind, je stärker durch Verengerung der Bronchien die Reibung wird.

Wenn man eine Lunge zur künstlichen Athmung benutzt, die andere bei offenem Thorax in ähnlicher Weise wie die Froschlunge füllt und beobachtet, so kann man hoffen, den Druck-

verhältnissen der lebenden Säugtehierlungen, womöglich auch unter Lähmung der Bronchialmuskeln, näher zu kommen. (Ich werde zu diesen Versuchen zunächst Katzen verwenden.)

Schon die bisherigen Arbeiten über Bronchialmuskeln, sowie meine Erfahrungen an Froschlungen lassen Zweifel an der vollen Gültigkeit der bisherigen Lehre aufkommen, dass die elastische Kraft der Lunge der (einzige) Grund des negativen Pleuradrucks sei: Eine Lunge, die nach Art der Froschlunge elastisch und contractil ist, würde den Pleuradruck mehr unabhängig von dem Füllungsgrad herabsetzen können und ein mächtigeres Hülfsmittel der Blutbewegung sein, als eine nur elastische.

Ich habe bisher Lungen mit und ohne Circulation nur bezüglich der Druckverhältnisse gegenübergestellt. Der augenfälligste Unterschied liegt aber auf einem anderen Gebiet: Entleert man eine ausgeschnittene Lunge, so erhält man meist ganz genau dasselbe Volum zurück; aus einer von Blut durchströmten fast stets weniger. Die nächstliegende Sorge war, Undichtigkeiten, die ja thatsächlich vorkommen, auszuschliessen. Dies geschah in einigen Fällen mit grösster Sicherheit durch Beobachtung nach Aufhören der Circulation: Man findet dann dasselbe Volum wieder; zu beachten ist dabei, dass sich die Lunge nicht immer ganz vollständig entleert; was in solchen Fällen zu wenig gefunden wird, findet man dann das nächste Mal zu viel; es handelt sich dabei aber höchstens um 0,1 ccm.

Für vier Frösche mit Circulation war die Aufenthaltszeit der Luft in der Lunge für jede Füllung ungefähr bekannt.

Der mittlere Verlust für eine Minute berechnet sich daraus auf 0,035, 0,0367, 0,041 und 0,0227 ccm. Das Gesammtmittel ist 0,034 ccm.[1])

Es liegt nahe anzunehmen, dass die bei dem Gasaustausch aus dem Blut in die Lunge gelangte Kohlensäure ganz oder zum Theil durch die Wand nach aussen diffundirt.

---

1) Eine Sauerstoffaufnahme von 0,034 ccm in 1 Minute würde, auf gleiches Gewicht berechnet, etwa dem zehnten Theil der Sauerstoffaufnahme des Menschen gleichkommen.

Führt man reine (feuchte) Kohlensäure in die Lunge ein, so sinkt der Druck in kurzer Frist auf Null, und das Volum nimmt rapide ab (vgl. Tabelle VII A).

Eingeführtes Volum	Aufenthaltszeit in der Lunge	Zurückgemessenes Volum
4 ccm Luft	8 Minuten	3,7 ccm
4 » CO_2	2½ »	1,65 »
4 » CO_2	2 »	1,93 »
4 » Luft	4 »	3,77 »
4 » Luft	2¼ »	3,85 »

Durch diesen Versuch ist aber die Diffusion[1]) nach aussen nicht ganz bewiesen; zum Theil muss die Kohlensäure auch in's Blut gehen, dessen Kohlensäure-Partialdruck doch jedenfalls weniger als eine Atmosphäre beträgt.

Um darüber weitere Aufklärung zu erlangen, beabsichtige ich den ganzen Frosch in eine Kohlensäure-Atmosphäre zu bringen, wodurch die Diffusion nach aussen verhindert wird.

Dabei wird sich auch die Wirkung der Kohlensäure auf den Druck ergeben.

Die angedeutete Versuchsanordnung soll auch für andere Gase verwendet werden; mich interessirt dabei vor allem die Frage, ob der Gasdurchtritt durch die Lungenwand von innen nach aussen und von aussen nach innen gleich oder verschieden ist. Das letztere ist zu erwarten, wenn neben der Diffusion eine Gasabsonderung seitens des Lungenepithels einhergeht, wenn also diesem die Function einer gasabsondernden Drüse nach Analogie der Schwimmblase der Fische zukommt.

Andere Hohlorgane.

Die allgemeinen Erörterungen über den Druck in Hohlorganen habe ich ausser auf Kautschukballons wesentlich nur auf Froschlungen angewandt, weil ich diese — wie der Erfolg

1) Es sei hier bemerkt, dass beim Einführen von Luft, beladen mit Aetherdampf, nach 5 Minuten nur etwa ⅔ des Volums wieder gefunden werden. Man kann desshalb die Aetherwirkung auf diese Weise nicht gut studiren.

lehrte, mit Unrecht — für verhältnissmässig einfache Objecte hielt. Dieselben Erwägungen finden aber auch auf sämmtliche anderen Hohlorgane des Körpers — Darmtractus, Blase, Uterus, Herz und Gefässe — Anwendung.

Herr Geheimrath Quincke lenkte meine Aufmerksamkeit auf die Blase, die bei geringer und starker Füllung oft ähnliche Druckwerthe zeigt; dieselben dürften wie bei der Lunge wesentlich vom Tonus der glatten Muskeln abhängen, der, wenn eine Erregungsursache vorhanden ist, langsam zu- und abzunehmen scheint: Man fühlt bei gefüllter Blase und ruhiger Lage den

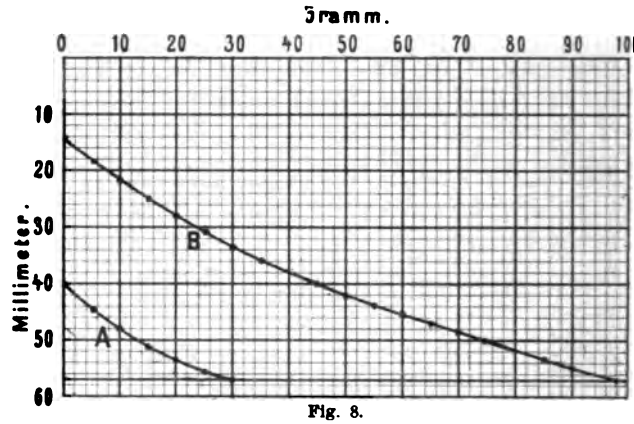


Fig. 8.
(Nach Gad.)

Drang zur Entleerung in Perioden von vielleicht einigen Minuten des öfteren auftreten und wieder verschwinden; die Uebergänge sind sehr allmählich.

Von grösserem Interesse dürfte die Anwendung auf das Herz sein. Ich will schematisch zu zeigen versuchen, wie ganz anders die Kraft der Herzmuskeln ausgenutzt wird, als im allgemeinen die der Skelettmuskeln.

Ich gehe dabei aus von einem Passus des Lehrbuchs von Gad (Berlin 1892). Gad bespricht an der hier wiedergegebenen Dehnungscurve des ruhenden und des erregten Muskels den idealen Fall maximaler Arbeitsleistung: die Last muss stetig abnehmen mit der Verkürzung (und dem damit verbundenen Schwächerwerden) des Muskels. Annähernd ist dieser Fall nach

Gad verwirklicht, wenn man den ausgestreckten (supinirten) Arm horizontal erhebt und ein schweres Gewicht in die Hand nimmt. »Hebt man jetzt das Gewicht durch Beugung im Ellbogengelenk, so verringert sich der Hebelarm, an welchem es angreift, und der Biceps brachii wird in dem Maasse seiner fortschreitenden Verkürzung mehr und mehr entlastet.«

»Einem weit wichtigeren Fall, in welchem die Fähigkeit eines Muskels Arbeit zu leisten durch Anfangsdehnung gesteigert wird, begegnen wir am Herzen: der Herzmuskel wird in der Ruhepause vor seiner jedesmaligen Zusammenziehung durch das in die Herzkammern einströmende Blut stark ausgedehnt. Allerdings findet dann eine Abnahme des Widerstandes bei Zunahme der Muskelverkürzung hier nicht in erheblichem Maasse statt.«

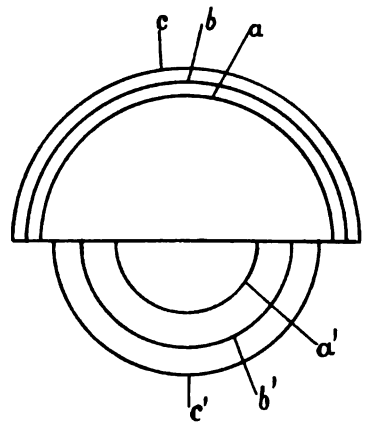


Fig. 9.

Diesem letzten Satz (welcher wohl die herrschende Ansicht wiedergibt) muss ich widersprechen auf Grund folgender Erwägungen:

Am Ende der Diastole möge der Ventrikel 70 ccm Inhalt haben.

Ich lasse Faserverlauf und wirkliche Form, sowie den von den Gefässen eingenommenen Raum unberücksichtigt und nehme an, dass er eine Kugel sei mit 0,5 cm dicker Wand, in welcher die Muskelfasern concentrisch in grössten Kugelkreisen verlaufen. Wir wollen nur drei Schichten ohne Dicke, die innerste *a* (Fig. 9), die äusserste *c* und die mittelste *b* in's Auge fassen. Nehmen wir an, die Wand contrahire sich soweit, dass eine Faser, die in einem grössten Kugelkreis der inneren Schicht verläuft, nur noch die halbe Länge *a'* hat wie vorher, so lässt sich daraus die neue Länge der Fasern der mittleren und äusseren Schicht (*b'* und *c'*) berechnen, wenn man bedenkt, dass das Volumen der ganzen Wand (und der zwischen *a* und *b* resp. *b* und *c* eingeschlossenen Stücke) so gut wie unverändert bleiben muss. Die Dicke der Wand nimmt also bei der Contraction zu, die

Fasern der mittleren Schicht werden sich folglich weniger stark verkürzen als die der inneren, die der äusseren noch weniger. Die Rechnung ergibt, dass, wenn sich die inneren Fasern von der Länge 1 auf 0,5 verkürzen, die mittleren von 1 auf 0,697, die äusseren von 1 auf 0,791 abnehmen. Die Höhlung der inneren Kugel wird dabei zu $^1/_8$, ihre Oberfläche zu $^1/_4$ der ursprünglichen.

Mit zunehmender Verkürzung nimmt die Kraft der Muskeln ab, sie halten einer immer geringeren Last das Gleichgewicht. Berechnet man auf Grund der Curve von Gad (Fig. 8) die noch vorhandene Kraft bei den drei angeführten Verkürzungsgraden, so ergibt sich[1]):

Bei Verkürzung von 1 auf	0,791	0,697	0,5
sinkt die Kraft von 1 auf	0,6	0,4	0,2.

Die Werthe sind ziemlich genau dieselben, einerlei ob man von starker oder schwacher Dehnung ausgeht; ich habe sie berechnet für Anfangslängen von 42 bis 57 mm, also für Verlängerungen des ruhenden unbelasteten Muskels (der 40 mm misst), um 5 bis 40%.

Nehmen wir nun zunächst an, der Blutdruck sei während der Dauer der Systole constant, so ist bei dem angenommenen Contractionsgrade, da die Oberfläche nur noch $^1/_4$ der Grösse am Ende der Diastole hat, die auf der Innenfläche des Ventrikels ruhende Last $^1/_4$ der ursprünglichen. Die noch übrige Kraft der innern Muskelschicht ist geringer, die der mittleren und äusseren erheblich grösser als $^1/_4$ der ursprünglichen; nehmen wir 0,4 als Mittel[2]), so ergibt sich, dass, obwohl die Kraft der

1) Um für die Art der Rechnung ein Beispiel zu geben, so sieht man aus der Curve, dass der erregte Muskel bei einer Länge von 47,5 mm ein Gewicht von 67,5 g trägt, bei der Hälfte jener Länge, also bei 23,75 mm, nur noch etwa 13,5 g, d. h. 0,2 der Anfangslast von 67,5 g.

2) Ich habe noch eine zweite Rechnung durchgeführt, bei der ich das Volum der Wand des Ventrikels zu 60 ccm angenommen und ausserdem vorausgesetzt habe, dass bei einer Füllung mit 64 ccm die (nicht erregten) Muskelfasern noch nicht gedehnt sind, aber durch die geringste weitere Inhaltsvermehrung gedehnt werden. Ich habe die Wand bei der angenommenen Füllung mit 64 ccm (den Ventrikel als Kugel betrachtet) in concentrische Schichten von je 5 ccm Inhalt zerlegt, so dass also jede Schicht das gleiche Volum an Muskelsubstanz enthält. Wird nun der Ventrikel bis

einzelnen Faser viel geringer ist, als am Anfang, doch die in der Flächeneinheit vorhandene Kraft zugenommen hat.

Nun ergeben aber die aus dem linken Ventrikel gewonnenen Druckcurven[1]) der Autoren, trotz grosser Unterschiede, im Anfange ein Ansteigen des Drucks mit fortschreitender Entleerung, so dass nicht bloss die Kraft in der Flächeneinheit, sondern auch das Gewicht auf der Flächeneinheit während der Systole zunimmt.

Wie weit sich beide Factoren ausgleichen, muss vorläufig dahingestellt bleiben[2]); man müsste dazu u. a. für die einzelnen Punkte der Druckcurve des Ventrikels seinen Inhalt, sowie Form und Grösse seiner Oberfläche kennen.

Unberücksichtigt geblieben ist hier auch der zeitliche Verlauf der (am Atrioventricularring beginnenden) Contraction.

Aus der Dehnungscurve des ruhenden und des erregten Muskels lassen sich aber noch andere Schlüsse ziehen: Gad sagt (vgl. oben), das Herz wird durch das einströmende

---

zu einem Inhalt von z. B. 79 ccm gedehnt, so kann man, da das Volum jeder Schicht unverändert bleibt, die neuen Oberflächen der (13) begrenzenden Kugelschalen, sowie die neuen Längen der grössten Kugelkreise berechnen. Ebenso erhält man die entsprechenden Werthe für den Inhalt von 9 ccm, also nach Austreibung von 70 ccm.

Ich führe nur die Resultate der Rechnung an:

Für den Inhalt von	79 ccm	64 ccm	9 ccm
verhalten sich die Oberflächen der innersten Kugeln wie	1 :	0,869 :	0,235
und die Kraft der ganzen Wand verhält sich wie	1 :	0,883 :	0,4166.

Das Resultat wird also durch die genauere Rechnung nicht wesentlich geändert. Nimmt man die Dicke der Wand gleich Null, so nimmt die Kraft mit zunehmender Verkürzung etwas ab, bei einer Wandstärke von 3 mm und darüber nimmt sie um so mehr zu, je dicker die Wand ist.

1) Vgl. Tigerstedt, Physiologie des Kreislaufs. Leipzig 1893, S. 82 ff. Man beachte die Curve von Chauveau und Marey, S. 102, und die von Hürthle, S. 104.

2) Bei Aortenstenose oder einem andern Hinderniss für die Entleerung könnte, wenn die Zeit der Contraction unverändert bleibt, der Druck, also das Gewicht auf der Flächeneinheit, stärker wachsen, als die Kraft in der Flächeneinheit; eventuell würde dann, wie beim Skelettmuskel, die Contraction nur bis zu einem gewissen Grade gehen, die Entleerung also unvollständig bleiben.

Blut stark ausgedehnt. (Er hält also die active Ausdehnung des Ventrikels noch nicht für hinreichend sichergestellt, um sie in ein Lehrbuch aufzunehmen.)

Bei gewöhnlicher Inspiration beträgt der negative Thoraxdruck etwa 9 mm Hg, bei der Exspiration noch weniger, bei stärkster Inspiration 30 mm Hg.[1]) Nehmen wir 9 mm an, so wird in der Diastole der Ventrikel mit einem Ueberdruck von höchstens 9 mm Hg gedehnt.

Bei der Systole hat er einen Druck von ca. 150 mm Hg zu überwinden, also fast das 17fache.

Man kann dem ruhenden und erregten Muskel gleiche Längen ertheilen durch verschiedene Belastung.

Tabelle VIII.

Länge	Last		Quotient der Lasten
	für den ruhenden Muskel	für den erregten Muskel	
mm	g	g	
40	0	45	1 : ∞
42,5	2,5	52,5	1 : 21
43	3	54	1 : 18
45	5,5	60	1 : 11
50	12,5	75	1 : 6
55	23,5	90	1 : 3,8
57	30	97	1 : 3,2

(Die Tabelle ist aus der Curve Fig. 8 gewonnen.)

Durch den Druck von 9 mm Hg kann der ruhende Herzmuskel in der Diastole also nur etwa im Verhältniss von 40 auf knapp 43 gedehnt sein: Bei Dehnung auf 43 trägt der erregte Muskel bei gleicher Länge etwa 18 Mal soviel als der unerregte.

Wird der unerregte Muskel von 40 auf 50 gedehnt, so behält er dieselbe Länge im erregten Zustand noch bei der 6fachen Last; die 17fache Last würde ihn aber verlängern, er könnte sich also überhaupt nicht contrahiren.

1) Sollten sich diese Zahlen, wie ich vermuthe, als correcturbedürftig erweisen, so würden auch die daraus gezogenen Schlüsse entsprechend anders ausfallen.

Falls der nicht erregte Herzmuskel also in der Diastole stark gedehnt wird, also z. B. im Verhältniss von 40 : 55, so kann das nur durch eine Kraft geschehen, die zu der bei der Systole zu überwindenden Kraft von 150 mm Hg in keinem ungünstigeren Verhältniss als 1 : 3,8 steht (vgl. Tabelle VIII). Die dehnende Kraft muss also mindestens 40 mm Hg betragen. Das übersteigt aber die höchsten Werthe des negativen Drucks im Thorax.

Starke diastolische Dehnung und damit starke Füllung des Herzens kann hiernach also nur unter Beihülfe anderer Kräfte, jedenfalls der Herzmuskulatur selbst, erreicht werden; schwache Dehnung mit geringer Füllung kann durch den negativen Druck im Thorax allein erfolgen. Das diastolisch stärker gedehnte Herz befördert mehr Blut, überwindet aber keinen höheren Druck.

Ich habe angenommen, dass der Herzmuskel sich einem Skelettmuskel völlig gleich verhält. Die sehr verschiedene Fähigkeit beider, Arbeit zu leisten, hängt nur ab von der verschiedenen Anordnung.

Beim Skelettmuskel nimmt eine zu hebende Last im allgemeinen nicht ab mit der Verkürzung und der Kraft, beim Herzen nimmt die Last mit der Muskelverkürzung mindestens ebenso stark ab, wie die Kraft.

Wären beide, der Skelettmuskel und der Herzmuskel, nahe an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit, so würde ersterer die Last nur um ein Minimum heben, der Herzmuskel sich aber vollständig contrahiren.

Es ist also dafür gesorgt, dass der Muskel, dessen unausgesetzte Arbeit für das Leben unentbehrlich ist, diese Arbeit bis an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit vollkommen ausführen kann.

Nachtrag.

Nach Abschluss der vorliegenden Arbeit sind zwei Abhandlungen zu meiner Kenntniss gekommen, die damit zusammenhängen.

1) A. Mallock [Proceedings of the Royal Society XLIX S. 458 (1891): »Note on the Instability of India-rubber Tubes and Balloons when distended by Fluid Pressure«.

Die Erscheinung, dass Kautschukschläuche an der Wasserleitung bei hohem Druck sich oft an einer Stelle ausdehnen und platzen, veranlasste die Untersuchung. M.'s theoretische Entwicklung geht von den Dimensionsänderungen eines kleinsten Wandstückes bei der Dehnung aus. Mit Benutzung des Youngschen Modulus für Kautschuk kommt er zu dem Ergebniss, dass für eine Kugel der kritische Druckwerth erreicht wird bei einer Vergrössung des Radius von 1 auf etwa 1,73. Er hat die Füllung nicht sehr weit getrieben; in Folge dessen ist ihm die spätere Drucksteigerung und im Zusammenhang damit die S-Form der Dehnungscurve entgangen.

2) Schatz (Rostock): »Ueber die Entwicklung der Kraft des Uterus im Verlauf der Geburt« (Verhandl. d. deutschen Ges. für Gynäkologie 1895).

Verf. führt in ähnlicher Weise, wie ich für das Herz, eine Berechnung für den kugelförmig angenommenen Uterus aus, indem er ebenfalls die mit der Entleerung zunehmende Wandstärke berücksichtigt und dabei die Eigenschaften des Froschgastrocnemius (nach Hermann) zu Grunde legt. Das Resultat der Rechnung ist: »Der intrauterine Maximaldruck bei der Wehe bleibt bei der Verkleinerung des Uteruskörpers im Verlauf der Geburt so gut wie gleich.« (Die mitgetheilten Zahlen zeigen eine Abnahme von ca. 12% bei Verkleinerung auf $^1/_6$.) — Neue directe Messungen im Uterus ergeben ihm jedoch eine gewaltige Druckzunahme (bis auf das 6fache) bei fortschreitender Entleerung. Darnach würde die lebende Uterusmusculatur ungleich besser arbeiten, als der ausgeschnittene Froschmuskel.

3) Stratenberg (Dissertation, Kiel 1896) hat inzwischen meine Versuche über Froschlungen etwas weiter fortgesetzt: Um durch Massage die contractilen Elemente sicher zu erschlaffen, müssen die Lungen drei Tage alt sein. Aus dem Druck in massirten Lungen bei verschiedener Füllung berechnet er die Dehnungscurve des gesammten Lungengewebes (elastische Fasern, Bindegewebe, Gefässe, Muskeln): Die Längenzunahme ist bei geringerer Belastung stärker als beim Muskel, bei grösserer Belastung geringer; (es liegt aber die Möglichkeit vor, dass die erschlafften Muskelfasern der Froschlunge bei geringer Füllung geschlängelt liegen, ihre Elasticität also noch nicht zur Geltung kommt; vgl. S. 253). Die Resultate können nur als vorläufige gelten.

Ferner hat S. das Verhalten der Froschlunge gegen Kohlensäure untersucht. Kohlensäure bringt sowohl das ausgeschnittene wie das Herz des gesunden Frosches schnell zum Stillstand; an der Luft erholt es sich wieder. Man kann also, wenigstens bei Anwendung reiner Kohlensäure, nicht mit lebenden Lungen arbeiten. Bringt man eine lufthaltige Lunge geschlossen in eine Kohlensäureatmosphäre, so schwillt sie an und platzt schliesslich; sorgt man durch Senken von *C* (S. 241) dafür, dass der Druck nicht zu hoch steigt, so sammelt sich das Gas in *A*. Bei einem von mir mitbeobachteten Versuch befanden sich 5,6 ccm Luft in der Lunge; nach 38 Minuten war die Gasmenge auf 16 ccm gestiegen. Nach Absorption der Kohlensäure hinterblieben 5,6 ccm. Die Messung war nur bis auf 0,1 ccm genau. Daraus geht hervor, dass es sich nicht um einen gewöhnlichen Diffusionsvorgang, wie durch trockene poröse Platten handelt, sondern dass die etwa hundertmal grössere Wasserlöslichkeit der Kohlensäure gegenüber der Luft in Betracht kommt. — Auch diese Versuche sind nicht abgeschlossen.

Ueber die Resorption gelöster Eiweissstoffe im Dünndarm.

Von

Dr. **Georg Friedländer.**

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

Nachdem man die Vorgänge des Austausches zweier Stofflösungen durch eine Membran hindurch kennen gelernt hatte, glaubte man fast allgemein, die Resorption von Stoffen aus dem Darme in die Säfte rein physikalisch durch Osmose erklären zu können. Die warnende Stimme von Johannes Müller wurde nur wenig beachtet; er legte (Handbuch 1835, Bd. 1 S. 235) schon dar, dass die Endosmose nicht im Stande sei, die Aufsaugung aller Flüssigkeiten von den thierischen Geweben zu erklären: Bei einer Endosmose müssten bei geringerer Concentration der aufzusaugenden Flüssigkeiten die letzteren leichter in die thierischen Theile übertreten, umgekehrt würde bei grösserer Concentration der aufzusaugenden Flüssigkeiten das Volum derselben wachsen, und bei gleicher Concentration dürfte sich die Quantität der Flüssigkeiten auf beiden Seiten nicht verändern. Er sagt daher, dass die Imbibition nur die Vermischung, nicht aber die quantitativen Verhältnisse der Aufsaugung erkläre.

Liest man die Lehr- und Handbücher der Physiologie durch, so ersieht man, wie schwierig es den Darstellern geworden ist, die Resorption der Stoffe aus dem Darmlumen in die Säfte zu erklären. Die meisten sind geneigt für die Aufnahme des Wassers

und der darin gelösten krystallinischen Stoffe, auch für das Pepton, die Osmose als Ursache anzusehen, wenn sie sich zum Theil auch nicht verhehlen, dass dies in gewissen Fällen nicht gut möglich ist. Aber für die Erklärung der Resorption des Fettes und des gewöhnlichen Eiweisses durch Osmose stiess man doch auf allzugrosse Hindernisse. Man musste annehmen, dass bei stärkerer Concentration der Lösungen im Darm die gelösten Stoffe in das Blut übergehen und dem Blute, je nach ihrem osmotischen Aequivalent, Wasser entziehen, und ferner, dass bei gleicher Concentration der Lösungen im Darm und im Blute keine Resorption aus dem Darm stattfindet.

Bei den osmotischen Versuchen, bei welchen man gewöhnliche Eiweisslösungen durch eine Membran von Wasser oder von Lösungen anderer Stoffe trennte, sah man stets nur minimale Mengen von Eiweiss zum Wasser übertreten, während dabei Wasser in beträchtlicher Menge zum Eiweiss übergehen kann. Das Resultat ändert sich nur wenig, ob man der Eiereiweisslösung gegenüber Wasser oder verdünnte Kochsalzlösung oder eine Alkalilösung oder eine verdünnte Säure gibt.

Da musste man wohl zu der Ueberzeugung kommen, dass das gewöhnliche Eiweiss nicht als solches durch Osmose in die Säfte gelangt. Jedoch schien sich hier ein Ausweg durch den Nachweis Funke's zu ergeben, dass die Verdauungsproducte des Eiweisses, die »Peptone«, leichter diffundiren, filtriren und osmiren als das gewöhnliche Eiweiss; er that namentlich dar, dass aus einer abgebundenen Darmschlinge von einer Peptonlösung rasch viel resorbirt wurde. Man glaubte daher, alles Eiweiss müsste, bevor es in die Säfte übergehen könne, zuerst in Pepton umgewandelt werden.

Aber es mehrten sich die Angaben, dass keine so grossen Unterschiede in diesen Beziehungen zwischen dem gewöhnlichen Eiweiss und den Peptonen bestehen. J. Bauer und C. Voit[1]) stellten Diffusionsversuche mit Hühnereiweisslösung und Peptonlösungen an, indem sie zusahen, wieviel von diesen Lösungen in gleicher Zeit in Wasser diffundirte; der Unterschied in der

1) Zeitschr. f. Biol. 1869, Bd. 5 S. 555.

Diffusibilität erwies sich nicht so bedeutend, als man nach den früheren Angaben hätte erwarten sollen, denn die diffundirten Mengen von Eiweiss und Pepton verhielten sich wie 100 : 148. Es änderte sich nichts Wesentliches an der Sache, ob man als äussere Flüssigkeit Wasser oder verdünnte Kochsalzlösung oder verdünnte Schwefelsäure oder verdünnte Natronlauge nahm oder zu der Eiweisslösung etwas Essigsäure oder Chlornatrium hinzufügte.

Dagegen ergaben osmotische Versuche der beiden Forscher, dass bei annähernd gleicher Concentration der Lösung in 72 Stunden nur 1,7% des gewöhnlichen Eiweisses, dagegen 54,7% des Peptons durch die Membran getreten waren; das osmotische Aequivalent des ersteren betrug 706, des letzteren nur 9,5. Das Pepton geht darnach 32mal leichter durch Membranen als gewöhnliches Eiweiss. Aehnliches hatte schon früher Funke[1]) bei Osmose von Peptonlösungen gefunden. Auffallender Weise kam Wittich[2]) zu ganz anderen Resultaten bei Dialyse mit Graham'schem Pergamentpapier, wobei nur ausserordentlich wenig Pepton durch die Membran ging.

Keinesfalls kann durch solche osmotische Versuche entschieden werden, in welcher Ausdehnung das Eiweiss im Verdauungstractus in Pepton verwandelt wird und ob nicht auch unverändertes Eiweiss resorbirt werden kann.

Die ersten genaueren Versuche hierüber stellten J. Bauer und C. Voit[3]) an, indem sie bei Hunden oder Katzen in abgebundene Darmschlingen Eiweisslösungen einspritzten und nach vier Stunden den Inhalt untersuchten. Das Pepton wurde fast ganz aufgenommen, ebenso das Serumalbumin des sauren Muskelsaftes, vom Eiereiweiss und Blutserumeiweiss wurde weniger resorbirt, jedoch immerhin noch 22—32%. Alles dies ohne dass eine Peptonisirung des Eiweisses stattgefunden hatte. Das Wasser der Lösungen konnte völlig verschwunden sein

1) Virchow's Archiv 1858, Bd. 13 S. 449; Lehrbuch I. 1863, 4. Aufl., S. 355.

2) Wittich, Berl. klin. Wochenschr. 9. Bd. 36 S. 43; Bd. 37 S. 45.

3) Zeitschr. f. Biol. 1869, Bd. 5 S. 564.

und doch noch ein grosser Theil des Eiweisses unresorbirt geblieben sein.

Neuerdings hat Heidenhain[1]) ebenfalls Versuche der Art mit Blutserum gemacht und gefunden, dass davon 42—68% des Wassers, 40—65% der Salze und 13—31% der organischen Substanz resorbirt wurden.

Es waren bis dahin im Wesentlichen nur Versuche mit den in Wasser löslichen gewöhnlichen Eiweissarten, dem Eier- und dem Serumalbumin, sowie mit Pepton angestellt worden, jedoch noch nicht mit anderen Eiweissarten, namentlich noch nicht mit solchen, welche in Wasser nicht löslich sind, mit Säureeiweiss, Alkalieiweiss, Caseïn, Globulin etc. Es war zu erwarten, dass sich hier weitere Aufschlüsse über die Art des Uebergangs des Eiweisses aus dem Darmkanal in die Säfte ergeben würden.

Ich habe es übernommen, diese Versuche auszuführen. Sie wurden an Hunden gemacht.

Es wurde zu diesem Zwecke in der Aether-Narkose nach einem Einschnitt in der Linea alba eine Dünndarmschlinge vorgezogen; diese Schlinge wird in einer Länge von 45—50 cm abgebunden und dann quer durchschnitten; vor dem Durchschneiden wird jederseits das äusserste zur Schnittfläche führende Blutgefäss umstochen. Die an beiden Enden offene Schlinge wird nun mit physiologischer Kochsalzlösung durchgespült, bis das Anfangs gelbbraun gefärbte Spülwasser farblos abfliesst; dadurch wurden auch manchmal Eingeweidewürmer an die Oeffnung gebracht und entfernt. Nun wird die Schlinge an beiden Enden zubunden; dann die Canüle einer Pravaz'schen Spritze, welche durch einen kurzen Kautschukschlauch mit einer 50 ccm Bürette verbunden ist, möglichst schief durch die Darmwandung eingestochen. Wenn man durch dreimaliges Umstechen einen Faden um die Canüle legt und diesen beim Herausziehen der Canüle zuzieht, geht bei der Injection der Flüssigkeit kein Tropfen verloren; letzteres wird auch dadurch bewirkt, dass der schiefe Stichcanal bei grösserem Innendruck zusammengepresst wird und ventilartig schliesst. Während der Injection muss die Canüle fest-

1) Pflüger's Archiv 1894, Bd. 56 S. 579.

gehalten werden, damit sie nicht die Darmschleimhaut verletzt und eine Blutung hervorruft. Vor dem Versuch hungert das Thier während zwei Tagen, so dass die Verdauungssäfte in der Schlinge auf ein Minimum reducirt sind; der Rest wird durch die Spülflüssigkeit weggenommen. Vier Stunden nach der Injection wird das in der Zwischenzeit sich frei bewegende Thier durch Chloroform getödtet. Man nimmt dann die Darmschlinge heraus, öffnet sie an beiden Enden und lässt die noch vorhandene Flüssigkeit auslaufen; darnach wird die Schlinge in etwa 5 cm grosse Ringe zerschnitten, diese aufgeschlitzt und die Darmschleimhaut unter leichtem Streichen mit den Fingern mit Wasser oder physiologischer Kochsalzlösung abgespült oder allenfalls an der Schleimhaut bleibende Theilchen mit der Pincette entfernt.

I. Versuche mit Eiereiweiss und Serumalbumin.

Es sollten zunächst Versuche mit Eiereiweiss gemacht werden, obwohl solche schon von J. Bauer und C. Voit vorliegen, um einen sicheren Vergleich mit den neuen, mit noch nicht geprüften Eiweissstoffen gemachten Versuchen anstellen zu können.

Das Eiereiweiss wird zu diesem Zwecke zu einem Schnee geschlagen, aus welchem eine ziemlich dünnflüssige Masse zusammenfliesst; diese wurde nach dem Coliren durch Leinwand zu den Versuchen verwendet.

Zur Bestimmung des darin befindlichen Eiweisses wurden für zwei Proben je 5 ccm weggenommen und in bekannter Weise nach Verdünnen mit Wasser und Zusatz von verdünnter Essigsäure bis zum Eintritt schwach saurer Reaction durch die Siedehitze gefällt. Das von der völlig wasserklaren Flüssigkeit abfiltrirte Eiweiss wird auf einem bei 100° getrockneten Filter abfiltrirt, mit heissem Wasser bis zur neutralen Reaction gewaschen, getrocknet und gewogen.

	I.	II.	III.
Gewicht des Hundes	6300 g	3000 g	3800 g
Volumen der injicirten Lösung	24,20 ccm	23,16 ccm	25,00 ccm
Ihr Procentgehalt an Eiweiss .	8,72 %	9,85 %	9,57 %
Eiweiss injicirt	2,1103 g	2,2929 g	2,392 g

	I.	II.	III.
Länge der Schlinge	43 cm Breite i. mortuo 2,5 cm	45 cm 30,5 cm i. m., Br. 2,8 cm.	50 cm 46 cm i. m., Br. 2,7 cm.
Flüssiger Inhalt	0 alkalisch	0 schwach alkalisch	0 alkalisch
Abgespülter Inhalt	236 ccm	180 ccm	327,5 ccm
Rückständiges Eiweiss	1,5717 g	1,8900 g	1,812 g
Eiweiss verschwunden	0,5386 g	0,4029 g	0,580 g
Eiweiss in % verschwunden	25,52 %	17,57 %	24,25 %
Entfernung des oberen Endes der Schlinge vom Pylorus	105 cm	25 cm	32 cm

	IV.		V.
	Obere Schlinge	Untere Schlinge	
Gewicht des Hundes	4230 g	4230 g	3700 g
Volumen der injicirten Lösung	20 ccm	20 ccm	21,40 ccm
Ihr Procentgehalt an Eiweiss	10,44 %	10,44 %	10,73 %
Eiweiss injicirt	2,0886 g	2,0886 g	2,297 g
Länge der Schlinge	30 cm	45 cm 43 cm i. m.	46 cm 50 cm i. m.
Flüssiger Inhalt	0 alkalisch	0 alkalisch	50 ccm alkal.
Abgespülter Inhalt	302,5 ccm	356 ccm	158 ccm
Rückständiges Eiweiss	0,2002 g	0,1959 g	2,1363 g
Eiweiss verschwunden	1,8884 g	1,8927 g	0,161 g
Eiweiss in % verschwunden	90,43 %	90,62 %	7 %
Entfernung vom Pylorus	35 cm	a. d. Bauhinschen Klappe	a. d. Bauhinschen Klappe

		Serumalbumin	
	VI.	I.	II.
Gewicht des Hundes	4000 g	4050 g	5900 g
Volumen der injicirten Lösung	14,25 ccm	25 ccm	25 ccm
Ihr Procentgehalt an Eiweiss	9,57 %	6,77 %	6,77 %
Eiweiss injicirt	1,3637 g	1,6925 g	1,6925 g
Länge der Schlinge	50 cm 38 cm i. m.	45 cm 38,5 cm i. m.	45 cm 35 cm i. m.
Flüssiger Inhalt	25 ccm alkal.	0 alkalisch	0 alkalisch
Abgespülter Inhalt	112 ccm	321 ccm	398 ccm
Rückständiges Eiweiss	0,1295 g	1,2519 g	1,3930 g
Eiweiss verschwunden	0,2342 g	0,4406 g	0,2995 g
Eiweiss in % verschwunden	17,0 %	26,03 %	17,70 %
Entfernung vom Pylorus	a. d. Bauhinschen Klappe	102 cm	—

Bei den Versuchen I—IV, sowie bei den beiden Versuchen mit Serumalbumin, wurde die Schlinge ganz ohne herausdrückbaren Inhalt gefunden. An der Schleimhaut haftet aber eine gelblich

gefärbte, durchsichtige, schleimige, alkalische Gallerte, welche mit physiologischer Kochsalzlösung mit Hilfe der Finger in eine Schaale abgespült wird; dabei werden nicht nur die Gallerte, sondern auch vielfach Epithelzellen der zarten Schleimhaut, wie das Mikroskop zeigte, abgelöst. Im Messcylinder setzt sich eine aus diesen Schleimfetzen bestehende Wolke nieder; der so abgespülte Inhalt wird filtrirt, und im Filtrat das fällbare Eiweiss durch die Siedehitze bestimmt. Bei den Eieralbuminversuchen I—III und den beiden Serumalbuminversuchen waren im Mittel 22% des Eiweisses resorbirt worden.

Bei Versuch IV wurde an dem gleichen Thier in zwei Schlingen, zuerst in eine untere, dann in eine obere, die Eiweisslösung eingespritzt; als die Injection in die obere Schlinge beendet war, wurde die reponirte untere Schlinge noch einmal herausgenommen und besichtigt; sie war dem Augenschein und dem Gefühl nach bereits zusammengefallen und leer, ohne Flüssigkeit — nach ca. 15 Minuten, so dass die Resorption, wenigstens des Wassers, ungemein schnell vor sich geht. Der Versuch IV zeigt, dass es keinen für unsere Schlussfolgerungen wesentlichen Unterschied macht, ob man die Lösung in eine etwas höher oder etwas tiefer gelegene Darmschlinge einbringt. In beiden Schlingen waren 90% des Eiweisses resorbirt worden, mehr als bei irgend einem anderen Versuch von 4 Stunden Dauer.

Bei Versuch V zeigte sich nach Ablauf von vier Stunden die Schlinge prall mit einer alkalischen Flüssigkeit erfüllt; es wurden 50 ccm entleert, während nur 21 ccm injicirt worden waren; die Eiweissresorption war eine sehr geringe (7 %). Die Schleimhaut erwies sich als pathologisch verändert; sie war blass, anämisch, und während sonst die Schlingen sich nach der Herausnahme stark contrahirten und in Folge davon kürzer waren als vor der Injection, war diesmal die Muscularis schlaff; die Schlinge war um 4 cm länger als ursprünglich. Wahrscheinlich ist der Flüssigkeitserguss, der procentig viel weniger Eiweiss enthielt als die injicirte Lösung, die Folge einer Paralyse der Darmdrüsen, analog dem paralytischen Saft des Pancreas oder der Speicheldrüsen. Ob diese Veränderung von einer Störung

der Blutcirculation durch Zerrung des Mesenteriums oder von nervösen Einflüssen herrührte — es war damals im Operationszimmer eine Temperatur von nur 12,5° C. und währte der Versuch in Folge von Störungen 1½ Stunden — lässt sich nicht entscheiden. Keinesfalls kann nach dem Resultat der Eiereiweissversuche I—IV, bei welchen alle Flüssigkeit verschwunden war, das Eiweiss an sich z. B. durch einen osmotischen Wasseraustritt aus dem Blut die Ursache des Flüssigkeitsergusses sein. — Auch bei Versuch VI war die Schlinge nach Abschluss des Versuches nicht leer, sie enthielt noch 25 ccm Flüssigkeit, jedoch waren 17 % des eingespritzten Eiweisses resorbirt worden; es muss hier kurz vor der Tödtung des Thieres eine Veränderung eingetreten sein, während in der ersten Zeit nach der Injection noch normal resorbirt wurde. — Für die beiden Versuche mit Serumalbumin ist sehr bemerkenswerth, dass aus dieser verdünnteren und dünnflüssigeren Eiweisslösung nicht mehr resorbirt worden ist als in den Versuchen I—III mit der zähen Eiweisslösung. Dies wird aus der Beobachtung bei Versuch IV erklärlich, wonach das Lösungsmittel so ungemein rasch verschwindet, rascher wie das gelöste Eiweiss, was die Beobachtung Anderer (Gumilewski, Röhmann) bei anderen Lösungen, nach welchen Lösungsmittel und gelöste Substanz unabhängig von einander resorbirt werden, für das Eiweiss bestätigt. Das 10 procentige Eiweiss verhält sich dann wie das 6 procentige.

Es ist bei Versuchen der Art sehr zu berücksichtigen, dass, wenn auch die Darmschlinge ganz leer befunden wird, nicht alles vorher Gelöste resorbirt worden ist, sondern ein beträchtlicher Theil der vorher gelösten Stoffe gelöst oder in fester Substanz noch vorhanden sein kann.

Um den Einfluss der Zeitdauer auf die Grösse der Resorption zu ermitteln, wurden 3 Versuche angestellt:

	I.	II.	III.
	Dauer: 35 Min.	70 Min.	10 Std. 15 Min.
Gewicht des Hundes	3200 g	2900 g	2600 g
Volumen der injicirten Lösung	24,68 ccm	20,24 ccm	25,30 ccm
Ihr Procentgehalt an Eiweiss .	7,97 %	7,97 %	9,94 %
Eiweiss injicirt	1,9670 g	1,6131 g	2,5148 g

	I. Dauer: 30 Min.	II. 70 Min.	III. 10 Std. 15 Min.
Länge der Schlinge	57 cm	50 cm	60 cm
Flüssiger Inhalt	7 ccm alkal.	2 ccm alkal.	0 alkalisch
Abgespülter Inhalt	182 ccm	196 ccm	490 ccm
Rückständiges Eiweiss	1,8418 g	1,8344 g	2,1021 g
Eiweiss verschwunden	0,1252 g	0,2787 g	0,4127 g
Eiweiss in % verschwunden	6,36 %	17,28 %	19,63 %
Entfernung der Schlinge vom Pylorus	42 cm	36 cm	38 cm

Aus diesen und den obigen sämmtlich 4 Stunden dauernden Versuchen ergibt sich, dass, so lange das Lösungsmittel noch nicht ganz verschwunden ist, mit ihm auch noch Eiweiss zur Resorption gelangt, ferner, dass nach Aufsaugung des Lösungsmittels nichts mehr, wie man vielleicht vermuthen könnte, im Darmsecret von neuem gelöst und resorbirt wird.

Es wurden nun noch vier Versuche mit einer verdünnten Eiweisslösung angestellt; nach der bei den früheren Versuchen gemachten Erfahrung, dass das Wasser aus der in die Darmschlinge eingespritzten Lösung so rasch verschwindet und das gelöste Eiweiss zum guten Theil als eine eingedickte Gallerte zurück bleibt, konnte geschlossen werden, dass in gleicher Zeit aus der verdünnten Lösung relativ mehr Eiweiss in die Säfte übergeht, wie aus der concentrirten Lösung. Es wurden zu diesem Zwecke je 20 ccm Eiereiweiss auf 100 ccm mit Wasser oder zur Vermeidung eines Globulin-Niederschlages mit 0,6procentiger Kochsalzlösung aufgefüllt.

	I. mit Kochsalz	II. mit Kochsalz	III. mit Kochsalz	IV. m. Wasser unt. Schlinge	IV. m. Kochs. ob. Schlinge
Gew. des Hundes	8400 g	2690 g	1800 g	4800 g	4800 g
Vol. der injicirten Eiweisslösung	25 ccm	27,80 ccm	26,03 ccm	19,9 ccm	20,2 ccm
Ihr Procentgehalt	2,125 %	2,155 %	1,968 %	2,097 %	2,098 %
Eiweiss injicirt	0,5312 g	0,5991 g	0,5115 g	0,4173 g	0,4236 g
Länge der Schlinge	45 cm 35 cm i. m.	48 cm	63 cm	44 cm	43 cm
Flüssiger Inhalt	0 schwach alkal.	26,50 ccm schwach alkal.	58 ccm	0,75 ccm	0
Abgespülter Inhalt	383 ccm	143 ccm	150 ccm	98 ccm	92 ccm

	I. mit Kochsalz	II. mit Kochsalz	III. mit Kochsalz	IV. m. Wasser unt. Schlinge	IV. m. Kochs. ob. Schlinge
Rückständ. Eiweiss	0,7813 g	0,5274 g	0,5049 g	0,3861 g	0,2940 g
Eiw. verschwunden	+ 0,2501 g	0,0717 g	0,0066 g	0,0312 g	0,1296 g
Eiweiss in % verschwunden . .	0	11,9 %	1,03 %	7,48 %	30,60 %

Bei dem Versuch I fand sich, dass eine auffällig grosse Menge Schleim die innere Darmoberfläche bedeckte und nur eine geringe Menge der von den früheren Versuchen mit Eiereiweiss her gewohnten, gelblich durchscheinenden Gallerte vorhanden war, entsprechend der geringeren Menge des injicirten Eiweisses; das Plus von Eiweiss in der Schlinge rührt vielleicht daher, dass ein Theil des reichlichen Schleims sich in der alkalischen Flüssigkeit gelöst hatte und durch die Essigsäure mit dem noch vorhandenen Eiweiss ausgefallen war. Dass unter normalen Umständen dieser Fehler nur klein ist, zeigen die folgenden drei Versuche mit leeren Schlingen. — Bei dem Versuch II war in der Schlinge 26,5 ccm flüssiger Inhalt; die innere Darmoberfläche war äusserst blass und ganz glatt; der in der Schlinge befindliche Inhalt gab mit Essigsäure keine Fällung. — Auch in Versuch III befand sich in der Schlinge reichlich Flüssigkeit und war von dem Eiweiss kaum etwas resorbirt worden. — Bei den am gleichen Thier angestellten Versuchen IV war die injicirte Flüssigkeit ganz in die Säfte übergetreten; unklar ist die beträchtliche Eiweissresorption in Versuch IV aus der oberen Schlinge.

Man kann im Allgemeinen sagen, dass von einer mit Wasser oder mit einer 0,6 procentigen Kochsalzlösung verdünnten Eiereiweisslösung in gleicher Zeit relativ nicht mehr resorbirt wird, wie von einer concentrirten Eiereiweisslösung. Aber es steckt in diesen Versuchen manches Räthselhafte, das ich nicht lösen kann; ich glaubte, die Versuche aber veröffentlichen zu müssen, damit Andere, welche sich weiter mit unserer Aufgabe beschäftigen, darauf Rücksicht nehmen.

Um festzustellen, wieviel Eiweiss ich durch das Abspülen der Darmoberfläche aus der Schleimhaut herausziehe, wurde bei

Versuch Serumalbumin II ein durchgespültes, leeres Darmstück (45 cm) abgebunden, und ausserdem bei Versuch Pepton I und II und die Spülflüssigkeit auf Eiweiss untersucht. Ich fand

0,0288 g
0,0980 »
0,0914 »
Im Mittel 0,0727 g.

Wenn man diesen kleinen Fehler berücksichtigt, so wird die Menge des resorbirten Eiweisses etwas grösser.

II. Versuche mit salzsaurem Myosin.

Fein zerwiegtes Fleisch wird so lange mit lauem Wasser ausgewaschen, bis dasselbe keine röthliche Färbung mehr annimmt, dann im Colirtuch stark gepresst und nochmals zerwiegt. Alsdann wird der Rückstand in kleinen Portionen in 0,025 % Salzsäure eingetragen, derart, dass jedes einzelne Stückchen durch Kneten mit der Salzsäure benetzt und »glitschig« wird; bei Verwendung von 0,1 % Salzsäure quillt die Masse gallertig auf. Der so erhaltene Brei wird dann zum Zweck der feineren Vertheilung mehrmals durch ein Porcellansieb getrieben. Der Brei darf nicht zu lange stehen — besser mit 0,1 als 0,025 % Salzsäure — weil die Lösung schon in etwa vier Tagen eine Verminderung ihrer Concentration erfährt, und schliesslich nach einigen Wochen beim Neutralisiren fast nichts mehr herausfällt, möglicherweise dadurch, dass nach und nach alle Salzsäure an das Myosin chemisch gebunden wird und nun das Lösungsmittel fehlt. Die durch das Porcellansieb getriebene Masse gibt keine Tropaeolinreaction mehr, sie enthält also keine freie Salzsäure mehr. Den Tag darauf wird der Brei vor dem Versuch durch ein Papierfilter gesaugt; zur Bestimmung des gelösten Myosins wurde in einem Theil der Lösung durch sorgfältiges Neutralisiren mit verdünnter Alkalilauge das Myosin gefällt, das Gefällte filtrirt, getrocknet und gewogen. Für Versuch III wurde 0,1 % Salzsäure verwendet.

	I.	II.	III.
Gewicht des Hundes	3300 g	4600 g	3000 g
Menge der injicirten Lösung .	16,90 ccm	24,96 ccm	24,90 ccm
Procentgehalt an Eiweiss . .	0,996 %	0,996 %	1,88 %
Eiweiss injicirt	0,1683 g	0,2490 g	0,4681 g
Länge der Schlinge	43 cm 40 cm l. m.	50 cm 32 cm l. m.	56 cm 61 cm l. m.
Flüssiger Inhalt	50 cm stark alkalisch	0 alkalisch	0 alkalisch
Trockensubstanz im Darm . .	0,4154 g	0,4705 g	0,7920 g

Bei Versuch I ist die Schlinge bei der Herausnahme prall gefüllt (50 ccm). In ihr schwimmt wurmähnlich das ausgeschiedene Eiweiss umher, welches auf das gewogene Filter gebracht wird. — Das alkalische Filtrat gibt mit verdünnter Essigsäure die Gegenwart von CO_2 zu erkennen, muss also als Darmsaft angesehen werden; mit Essigsäure und Ferrocyankalium gibt es nur eine ganz geringe Trübung. Die Darmwand ist keineswegs blass und macht mikroskopisch einen normalen Eindruck.

Bei den Versuchen II und III findet man den Darm ohne flüssigen Inhalt, trockne membranartige Fetzen liegen der Schleimhaut auf; dieselben reagiren, angefeuchtet, alkalisch. Sie werden mit der Pincette sorgfältig auf ein Uhrglas gebracht, zur Trockenbestimmung. Die Schleimhaut wird mit 0,1% HCl abgespült; im Abgespülten wird durch Neutralisation nur eine äusserst geringe Trübung erzeugt. — In allen drei Versuchen ist übereinstimmend nichts resorbirt worden; ja die abgelösten getrockneten Membrane haben ein grösseres Gewicht, wie das in die Schlinge gespritzte Myosin. Obwohl in den beiden Versuchen II und III alles Wasser verschwunden ist, ist von dem vorher gelösten salzsauren Myosin nichts in die Säfte übergetreten, offenbar weil mit dem Wasser das Lösungsmittel für das salzsaure Myosin, d. i. die überschüssige Säure, weggenommen worden ist.

III. Versuch mit Säureeiweiss.

Dasselbe Resultat ergab ein Versuch mit Säureeiweiss. Es wurde zur Herstellung desselben ausgewaschener Blutfaserstoff mit Pepsin und 0,4 % HCl behandelt, bis eben aller Faserstoff

aufgelöst war; das Neutralisationspräcipitat abfiltrirt, dann von Neuem in 0,4% HCl gelöst, und diese Lösung zu folgendem Versuch benutzt:

Gewicht des Hundes	2800 g
Menge der injicirten Lösung .	25 ccm
Procentgehalt an Eiweiss . .	4,56 %
Eiweiss injicirt	1,14 g
Länge der Schlinge	52 cm (35 i. m.)
Flüssiger Inhalt	0 alkalisch
Trockensubstanz im Darm . .	1,3310 g

Auch hier bedeckte das Eiweiss in trockenen, membranartigen Fetzen die Darmwand; es wurde mit der Pincette abgehoben, und auf dem Uhrschälchen getrocknet und gewogen. Die getrockneten Membranen wogen immer noch etwas mehr als das in die Schlinge gebrachte Eiweiss; die Resorption war aus dem vorher schon angegebenen Grunde auch hier Null.

IV. Versuche mit Alkalialbuminat.

Eiereiweiss wird in der Kälte durch allmählichen Zusatz kleiner Mengen concentrirter Natronlauge bis zur gallertigen Consistenz versetzt, in einer Pergamenthaut mehrere Wochen dialysirt, bis die Gallerte neutral reagirt. Alsdann wird dieselbe in kleine Stücke geschnitten und in siedendem Wasser unter Zusatz von einigen Tropfen Natronlauge gelöst. — Zur Analyse werden je 40 ccm der Lösung nicht bloss neutralisirt, sondern schwach sauer gemacht, bis der tropfenweise Zusatz der verdünnten Essigsäure keine Trübung mehr erzeugt und die Flüssigkeit vollkommen klar ist. Der Niederschlag wird filtrirt, mit kaltem Wasser ausgewaschen und trocken gewogen. In der Schlinge befand sich an der Schleimhautoberfläche kein fester Belag, wie bei dem salzsauren Myosin und dem Säureeiweiss. Der mit Wasser abgespülte Darminhalt wurde filtrirt, das Filtrat mit verdünnter Essigsäure angesäuert, der Niederschlag mit kaltem Wasser ausgewaschen und trocken gewogen.

	I.	II.
Gewicht des Hundes	4700 g	4050 g
Menge der injicirten Lösung	25 ccm	25 ccm
Ihr Procentgehalt an Eiweiss	1,68 %	1,68 %
Eiweiss injicirt	0,4209 g	0,4209 g
Länge der Schlinge	45 cm (41 i. m.)	47 cm (35 i. m.)
Flüssiger Inhalt	7½ ccm alkalisch	13 ccm alkalisch
Abgespülter Inhalt	93 ccm	70 ccm
Durch Ansäuern gefälltes Eiweiss	0,1360 g	0,1255 g
Eiweiss verschwunden	0,2849 g	0,2954 g
Eiweiss in % verschwunden	67,69 %	70,185 %

Es sind demnach von dem Alkalialbuminat im Mittel 69 % resorbirt worden.

V. Versuche mit Pepton (von Dr. Grübler).

Aus einer abgewogenen Menge der Substanz, welche mit Essigsäure und Ferrocyankalium nur eine sehr geringe Trübung zeigt, wird eine concentrirte Lösung hergestellt, die zur Injection benutzt wird. Die Hauptmenge des Gelösten besteht aus Amphopepton.

	I.	II.
Gewicht des Hundes	1880 g	2300 g
Volumen der injicirten Lösung	25 ccm	25,07 ccm
Pepton, trocken, injicirt	1,9271 g	1,811 g
Darin Stickstoff	0,3047 g	0,2863 g
Länge der Schlinge	70 cm (60 i. m.)	60 cm (62 i. m.)
Flüssiger Inhalt	fast 0 neutral	0 neutral
Abgespülter Inhalt	155 ccm	258 ccm
Stickstoff im abgespülten Inhalt (aus den eingedampften 40 ccm berechn.)	0,0279 g	0,0224 g
Stickstoff verschwunden	0,2768 g	0,2639 g
Stickstoff in % verschwunden	90,84 %	92,17 %
Stickstoffgehalt des Inhaltes in der Fällung mit Phosphorwolframsäure	0,0146 g	0,0241 g
Stickstoff in % verschwunden, aus letzterer Fällung berechnet	95,22 %	91,59 %
Trockensubstanz des Inhaltes	0,2759 g	0,3689 g
Fällbar nach Ansäuern durch Kochen	0,0915 g	0,0980 g
Vom Pylorus entfernt	24 cm	20 cm

Der abgespülte und filtrirte Inhalt wurde in vier Portionen abgetheilt. Z. B. bei Versuch I wurden 40 ccm zur Stickstoffbestimmung eingedampft, 40 ccm zur Trockenbestimmung angesetzt, 40 ccm wurden mit einem gleichen Volumen Schwefel-

säure und Phosphorwolframsäure versetzt. Der letztere Niederschlag wird in stickstofffreien Filtern filtrirt und zur Stickstoffbestimmung verbrannt. Schliesslich werden noch 10 ccm zur Bestimmung des durch die Siedehitze fällbaren Eiweisses verwendet, zur eventuell nöthigen Correctur der früheren Versuche mit Eiweiss.

Von dem Pepton sind im Mittel mindestens 92 % resorbirt worden.

VI. Versuche mit Albumosen.

Zum Versuch I wurde das sogenannte »Pepton« von Witte in Rostock, zu Versuch II die »Somatose« von Frdr. Bayer & Co. in Elberfeld verwendet, welche beide Präparate zum grössten Theil aus Albumosen bestehen. — Die zur Injection verwendete Lösung wird ebenso zubereitet, wie die zum Peptonversuch benutzte.

	I.	II.
Gewicht des Thieres	4080 g	5700 g
Menge der injicirten Lösung	25 ccm	25 ccm
»Pepton« trocken, injicirt	1,7508 g	1,9711 g
Darin Stickstoff	0,2469 g	0,2838 g
Länge der Schlinge	45 cm	40 cm
Flüssiger Inhalt	0 neutral	4 ccm neutral
Abgespülter Inhalt	258 ccm	192 ccm
Stickstoff im abgespülten Inhalt (aus dem Eingedampften berechnet)	0,0437 g	0,1065 g
Stickstoff verschwunden	0,2032 g	0,1773 g
Stickstoff in % verschwunden	82,31 %	62,47 %
Stickstoffgehalt des Inhaltes in der Fällung mit Phosphorwolframsäure	0,0423 g	0,1065 g
Stickstoff in % verschwunden, aus letzterer Fällung berechnet	82,81 %	62,474 %
Trockensubstanz des Inhaltes	0,48349 g	1,7303 g
Vom Pylorus entfernt	38 cm	—

Von den Albumosen sind demnach im Mittel 72% aus der Darmschlinge verschwunden.

VII. Versuche mit Milch.

In einer Probe der zum Versuch verwendeten Milch wurde durch Ansäuern mit verdünnter Essigsäure und einstündiges Durchleiten von CO_2 das Caseïn mit dem Fett gefällt; der

Niederschlag wird in fettfreie Filter übergeführt, getrocknet und gewogen und dann in Versuch I und II das Fett im Aetherextractionsapparat ausgezogen; in Versuch III und IV wurde das Fett aus der frischen Milch nach der Hoppe-Seyler'schen Methode mit Aether ausgezogen. Stets wurden 2 Bestimmungen ausgeführt.

	I.	II.	III.	IV.
Procentgehalt an Caseïn	2,96 %	2,96 %	2,73 %	2,85 %
Procentgehalt an Fett .	1,95 %	1,95 %	2,77 %	3,65 %
Volumen der injic. Milch	25 ccm	25 ccm	25 ccm	25,40 ccm
Trockensubstanz (d. h. Caseïn u. Fett) injicirt	1,2227 g	1,2227 g	1,3750 g	1,651 g
Fett darin	0,4891 g	0,4891 g	0,6925 g	0,9271 g
Caseïn darin	0,7337 g	0,7337 g	0,6825 g	0,7240 g
Länge der Schlinge . .	62 cm	45 cm	45 cm	50 cm
	49 i. m.	40 i. m.	38 i. m.	39 i. m.
Flüssiger Inhalt . . .	0	0	0	0 schwach alkalisch
Trockensubstanz des Inhaltes im Darm . .	0,9109 g	0,7858 g	1,2204 g	1,3030 g
Fett darin	0,1692 g	0,1863 g	0,4740 g	0,5552 g
Trockensubstanz minus Fett (Caseïn)	0,7417 g	0,5995 g	0,7464 g	0,7478 g
Caseïn verschwunden .	0 (+ 0,0080)	0,1341 g	0 (+ 0,0639)	0 (+ 0,0236)
Caseïn i. % verschwunden	0 (+ 1,1 %)	18,28 %	0 (+ 9,35 %)	0 (+ 3,3 %)
Entfernung vom Pylorus	20 cm	61 cm	a. d. Bauhin-sch. Klappe	48 cm

Bei Eröffnung des Darms zeigte sich das Caseïn theils in grösseren Klümpchen und Membranen fest der Schleimhaut anliegend, theils in feinen Körnchen zwischen den Falten derselben. In dem Bestreben, nichts von dem Caseïn zu verlieren, führte ich bei Versuch I das Abspülen und Abschaben der Schleimhaut mit den Fingern so gründlich aus, dass nach dem Abcoliren der Flüssigkeit nicht bloss mikroskopisch, sondern auch makroskopisch deutliche Epithelfetzen neben dem Caseïn auf dem Colirtuch zurückblieben und mit zur Trockenbestimmung kamen. Beim zweiten Versuch hatte ich dagegen das Bestreben, die Schleimhaut möglichst zu schonen. In Folge dieses imponderablen subjectiven Factors stehe ich nicht an, die Versuche I und II für wenig brauchbar zu erklären. Bei den Versuchen III und IV wurden die weissen Caseïnklümpchen sorgfältigst vermittelst

einer Pincette ohne Beschädigung der Schleimhaut auf ein Uhrschälchen übertragen und getrocknet. — Bei dem Versuch III war gleichzeitig eine leere Controllschlinge abgebunden worden; ihr Inhalt, der in ganz wenigen gelblichen Auflagerungen bestand, war so gering, dass eine Trockenbestimmung desselben für überflüssig erachtet wurde.

Diese Milchversuche ergeben, dass von dem Caseïn der Milch nichts oder nur wenig resorbirt wird; theils wegen rascher Entziehung des Lösungsmittels, theils vielleicht wegen der eigenthümlichen Beschaffenheit des Caseïns und seiner Lösung.

Die vorstehenden Versuche mit verschiedenen Eiweisslösungen thun abermals dar, dass es sich bei der Aufnahme des Eiweisses sowie anderer Stoffe in die Säfte nicht um einen rein physikalischen Vorgang, d. h. um eine Osmose wie bei einem Austausch von Wasser und reiner Kochsalzlösung durch eine todte Membran hindurch, handeln kann.

Vor 26 Jahren haben J. Bauer und C. Voit[1]), wie schon vorher Brücke[2]), auf Grund ihrer Versuche ausführlich erörtert, dass die Resorption der Stoffe aus dem Darmcanal nicht ausschliesslich, ja nicht einmal vorzüglich durch Osmose bewirkt werden könne. Sie haben namentlich geltend gemacht, dass aus einer Dünndarmschlinge eine Lösung in kurzer Zeit verschwindet, während bei einer Osmose sich schliesslich darin eine Flüssigkeit von der Zusammensetzung des Blutserums befinden müsste; bei dem hohen osmotischen Aequivalent des Eiweisses müssten ferner gegen kleine Mengen aus dem Darm in die Säfte übergehenden Eiweisses grosse Mengen Wassers aus dem Blut in den Darm übertreten und kein Stoff reichlichere Diarrhöen hervorrufen wie das Eiweiss, während thatsächlich bei der Resorption der Darm ganz leer befunden wird. Am schlagendsten erschien die Resorption des Blutserums aus einer Schlinge, ohne dass die Hauptbedingung der Osmose, die Concentrationsdifferenz, gegeben ist.

1) a. a. O. S. 567.

2) Brücke, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1852; Denkschriften Bd. 6. Er nimmt eine Filtration durch den Druck bei der Contraction des Darmes an.

Aber es hat damals Niemand auf diese Versuche und Darlegungen geachtet, sie passten nicht in die einfachen Vorstellungen, welche man sich von diesen Vorgängen gemacht hatte. Erst Hoppe-Seyler[1]) hat (1881) dargelegt, dass die Vorgänge der Resorption durch Osmose nicht erklärt werden könen; dann ist besonders Heidenhain[2]) (1894) bei seinen Untersuchungen über die Aufsaugung im Dünndarm auf Widersprüche der Versuchsreultate msit den Gesetzen der Osmose gestossen. Er sprach daher ebenfalls aus, dass bei der Darmresorption der Osmose nicht die Hauptrolle zukomme. Er erwähnt dabei, dass C. Voit zuerst in Folge seiner Beobachtung der Resorption von Blutserum im Darmcanal zu diesem Schlusse gekommen sei, und dass diese Beobachtung, vereinzelt wie sie war, bei der Discussion der Resorptionstheorie in der Literatur ganz ausser Betracht geblieben sei. C. Voit und J. Bauer stützten sich dabei jedoch nicht nur auf das Verhalten des Blutserums, sondern sie führten in einer längeren Auseinandersetzung noch andere Gründe für ihre Ansicht an. Sie haben allerdings damals geglaubt, dass neben dem Absorptionsvermögen der thierischen Gewebe der Druck bei den Contractionen der Darmmusculatur, sowie der Mechanismus der Zotten eine Hauptrolle dabei spiele, da sie die Beobachtung gemacht hatten, dass bei einem in voller Resorption getödeten Hunde während einer durch leichtes Streichen zwischen den Fingern hervorgerufenen Zusammenziehung des Darmes sich momentan die Chylusgefässe strotzend mit milchweissem Chylus füllten. Ich möchte daher diesen Motor doch nicht als ganz unbetheiligt betrachten, wie Hoppe-Seyler und Heidenhain.

Nach Hoppe-Seyler[3]) ist die Triebkraft für den Uebergang des Darminhaltes in die Säfte nicht in der chemischen Verschiedenheit der Flüssigkeiten, sondern in dem lebenden

1) Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie 1881, S. 348.

2) Heidenhain, Pflüger's Archiv 1894, Bd. 56 S. 579. (Siehe hierüber auch: G. Leubuscher, Studien über Resorption seitens des Darmcanales; Jena 1885; Gumilewski, Pflüger's Archiv 1886, Bd. 39 S. 556; Röhmann, Pflüger's Archiv 1887, Bd. 41 S. 411).

3) Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie 1881, S. 348.

Protoplasma des Darmepithels zu suchen. Heidenhain nennt es die physiologische Triebkraft.

Lebendes Epithel und physiologische Triebkraft sind selbstverständlich nur Namen für eine Summe unbekannter Vorgänge und Wirkungen in der lebenden Organisation. Es ist ja sicherlich die Erkenntniss von grösster Bedeutung, dass die Vorgänge im Organismus nicht auf einfachen physikalischen und chemischen Processen beruhen, sondern die lebendigen Zellen und Gewebe ihre besonderen Bedingungen setzen und dass dadurch die physikalischen und chemischen Vorgänge besonders gestaltet werden.

Vielfach musste man bei näherem Studium erkennen, dass die Lebensvorgänge nicht so einfache sind, wie man es sich früher vorgestellt hat; so beruht z. B. die Stoffzersetzung im Organismus nicht auf einer einfachen Oxydation durch den Sauerstoff, sondern es sind die nächsten Ursachen dafür in der lebendigen Organisation zu suchen. Es ist auf diese Weise das, was man früher erklärt zu haben glaubte, dem Verständniss wieder weit abgerückt worden.

Es ist unsere Aufgabe, diese complicirten Bedingungen des Lebens zu erforschen. Statt des Namens lebendes Epithel und physiologische Triebkraft müssen nach und nach die verwickelten Ursachen gefunden werden, welche die Eigenthümlichkeiten der Resorption zur nothwendigen Folge haben.

Die Beobachtung, dass todte Zellen gewissen Lösungen z. B. dem carminsaurem Ammoniak den Eintritt gestatten, während ihn die lebendigen Zellen verweigern; oder die Beobachtung, dass je nach der Tränkung der Membranen mit bestimmten Lösungen andere Lösungen nicht in die Membran aufgenommen werden etc., geben vielleicht Anhaltspunkte, wie man die Sache angreifen muss.

Eine weitere, hierher gehörige Frage ist die, ob das Eiweiss stets vollständig in »Pepton« verwandelt werden muss, ehe es resorbirt wird. Namentlich Brücke[1]) hat dies widerstritten; er

1) Brücke, Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1859 Bd. 37, 1869 Bd. 69.

führte an, er habe nach Aufnahme von Milch in den Chylusgefässen durch Säure fällbares Caseïn vorgefunden. Die früheren Versuche von C. Voit und J. Bauer, sowie die meinigen thun mit Bestimmtheit dar, dass in Wasser lösliches Eiweiss, Eiereiweiss und Serumalbumin, unverändert in die Säfte übertreten kann. Eine Umwandlung in Pepton in der sorgfältig gereinigten Darmschlinge ist nicht möglich; es könnte höchstens der Saft der Lieberkühn'schen Drüsen eine eiweissverdauende Wirkung ausüben; man trifft aber den Rest des Eiweisses in der Schlinge noch als unverändertes, in der Siedehitze fällbares Eiereiweiss und Serumalbumin an. Es gehören hierher auch die Versuche von Czerny und Latschenberger[1]), nach denen durch eine Fistel in das Rectum eines Menschen eingebrachte Eiweissstoffe bis auf 30—40% in 23—29 Stunden verschwunden waren[2]).

Man hat gemeint, man könnte sicher darthun, dass ein Eiweissstoff nicht direct resorbirbar ist, wenn er in das Blut gespritzt in den Harn übergeht; so hat man geschlossen, das genuine Eiereiweiss sei nicht direct resorbirbar, weil es bei Injicirung einer Vene in den Harn übertritt. Dieser Schluss erscheint mir nicht haltbar, denn das genuine Eiereiweiss wird thatsächlich als solches resorbirt und dennoch bei Einspritzung in eine Vene im Harn vorgefunden. Durch die Injection in eine Vene ist eben ein Ueberschuss des sonst im Körper nicht vorkommenden Eiweissstoffes vorhanden, von dem dann ein Theil in den Harn übertritt; es ist ja mit dem Traubenzucker nicht anders, der als solcher im Darm resorbirt wird und dabei vollständig im Körper zur Verwendung gelangt, während er bei Injection in das Blut im Harn ausgeschieden wird. Bei Aufnahme grosser Mengen von Eiereiweiss in den Magen findet sich ebenfalls Eiereiweiss im Harn, woraus doch wohl auch hervorgeht, dass dieses Eiweiss als solches in die Säfte übertreten kann.

1) Virchow's Archiv 1879, Bd. 59 S. 161.

2) Die Versuche, ob vom Dickdarm aus durch Klystiere eingebrachte Eiweisslösungen resorbirt werden, lasse ich ausser Betracht, da hier die Einwirkung von Verdauungsfermenten nicht ausgeschlossen ist.

Es wurde bei meinen Versuchen im Mittel in % resorbirt:

Von Caseïn	0
» salzsaurem Myosin	0
» Säureeiweiss	0
» Eiereiweiss und Serumalbumin	21
» Alkalialbuminat	69
» den Albumosen	72
» Pepton	91

Das Lösungsmittel wurde bei den einwandfreien Versuchen zum grössten Theil oder vollständig resorbirt.

Ausser dem in Wasser löslichen Eiereiweiss und Serumalbumin traten die in Wasser so leicht löslichen Albumosen und das Pepton in grosser Menge in die Säfte über, ebenso das Alkalialbuminat; nichts dagegen von dem Caseïn, dem salzsaurem Myosin und dem Säureeiweiss.

Die rasche Aufnahme des Wassers in die Säfte bedingt eine Eindickung der Eiweisslösung.

Die in Wasser leicht löslichen Eiweissstoffe, wie die Albumosen und die Peptone können wegen der leichten Löslichkeit auch bei sehr eingedickter Lösung noch gelöst bleiben und resorbirt werden.

Anders ist es bei dem schwerer löslichen Eiereiweiss und dem Serumalbumin; sie bilden nach dem Verschwinden des Wassers einen gallertartigen Ueberzug auf der Darmschleimhaut und es wird weniger davon resorbirt.

Von dem Alkalialbuminat geht sehr viel in die Säfte über. Wenn man gallertiges Lieberkühn'sches Alkalialbuminat in einer Pergamenthaut gegen fliessendes Wasser dialysirt, so wird die ursprünglich stark alkalische Reaction immer schwächer; es tritt von aussen Wasser ein und die Gallerte löst sich auf. Schliesslich ist die Reaction der Lösung neutral; man bekommt dann durch eine Spur verdünnter Essigsäure einen starken Niederschlag; aber keinen Niederschlag durch Kochen der Lösung. Wenn man aber noch länger dialysirt, dann tritt auch beim Kochen ein Niederschlag auf, offenbar weil der Verbindung des Alkalis mit dem Eiweiss Alkali entzogen worden ist.

Eigenthümlich ist es mit dem salzsaurem Myosin und dem Säureeiweiss; die beiden sind nur in sauer reagirender Flüssigkeit löslich. Mit dem Wasser wird auch die Säure, also das Lösungsmittel, in die Säfte aufgenommen und es fällt daher das gelöste Eiweiss aus, welches in trockenen Membranen die Darmschleimhaut bedeckt; der Darminhalt reagirte dabei stets alkalisch.

Stellt man sich eine Lösung von salzsaurem Myosin durch Eintragen von mit lauem Wasser erschöpftem Muskelfleisch in einer 0,025proc. Salzsäure her, so erhält man durch Neutralisiren der saueren Lösung (welche mit Tropäolin keine Reaction freier Salzsäure gibt) einen dicken, gallertigen Niederschlag, der sich in verdünnter Salzsäure und gleich nach der Fällung in einer 10proc. Salmiaklösung wieder auflöst; die Lösung in der 10proc. Salmiaklösung wird durch Sättigen mit Kochsalz ausgefällt; es ist also das gelöste Eiweiss noch Myosin. Lässt man die saure Lösung des salzsauren Myosins in der 0,025proc. Salzsäure dialysiren, so wird sie neutral, aber zugleich fällt das Eiweiss gallertig heraus, löst sich aber wieder in 10proc. Salmiaklösung. Wie bei der Dialyse wird auch im Darmcanal der Lösung des salzsauren Myosins rasch die Säure entzogen und es fällt heraus, wesshalb nichts davon resorbirt wird.

Mit dem Säureeiweiss verhält es sich ebenso wie mit dem salzsauren Myosin. Dialysirt man eine Säureeiweisslösung, welche beim Kochen keinen, beim Neutralisiren aber einen dicken, in 10proc. Salmiaklösung nicht auflöslichen Niederschlag gibt, so fällt das Eiweiss heraus, sobald die Flüssigkeit neutral geworden ist; es wird also durch die Dialyse dem Säureeiweiss die Säure entzogen. Dies ist auch wieder der Grund, warum von der Säureeiweisslösung im Darm nichts resorbirt wird.

Von der Milch wird das Caseïn aus dem gleichen Grunde nicht resorbirt; es bedeckt in weissen Häuten, wie sie auch beim Eindicken der Milch entstehen, die innere Darmoberfläche. Es verhält sich also das Caseïn auch hierin ganz anders wie das künstliche Alkalialbuminat.

Während Eiereiweiss und Serumalbumin, Alkalialbuminat, Albumosen und Pepton in die Säfte übertreten, bedürfen das

Caseïn, das salzsaure Myosin und das Säureeiweiss der Umwandlung in andere in Wasser lösliche Eiweissstoffe durch die Verdauung, in Albumosen und Pepton.

Der Uebergang in Säureeiweiss scheint demnach nicht zu genügen, um ein resorbirbares Präparat zu bilden, obwohl Säureeiweiss in kleinen Portionen in einen Ueberschuss des alkalischen Blutserums eingetragen, keinen Niederschlag hervorruft, sondern wohl als Alkalialbuminat gelöst bleibt.

Das Pepsin hat die Eigenschaft, die Entstehung des Säureeiweisses ungemein zu befördern; wenn man Blutfaserstoff mit 0,3 proc. Salzsäure in den Brutraum setzt, so quillt der Faserstoff alsbald auf, aber es braucht Tage lang bis eine grössere Menge darin in Säureeiweiss verwandelt und gelöst worden ist, während nach Zusatz einer wirksamen Pepsinlösung die Lösung in 15 Minuten geschehen sein kann; Prof. C. Voit macht in seiner Vorlesung diesen Versuch seit 30 Jahren. Es wäre sehr zusagend gewesen, wenn dieses erste Product der Magenverdauung in die Säfte hätte übertreten können.

Bei der Pankreasverdauung entsteht bekanntlich zuerst ein globulinartiger Eiweissstoff; ob dieser ohne Weiteres resorbirt werden kann, weiss ich nicht; es soll noch nachgeholt werden, wie sich in verdünnter Kochsalzlösung gelöstes Globulin verhält.

Die meisten Eiweissstoffe werden in der Nahrung in ungelöstem Zustande dem Verdauungsschlauche zugeführt; sie müssen also durch die Verdauungssäfte gelöst werden. Aber ich betone, dass nicht alles Eiweiss vor der Resorption in Pepton oder Albumosen übergeführt werden muss.

Die so ungemein rasche Aufnahme des Wassers in die Säfte ist für die Verdauung von ganz wesentlicher Bedeutung. Durch die Wegschaffung des Wassers können die Verdauungssäfte mit aller Energie auf die concentrirten Substanzen einwirken, während sie beim Eintreten in die verdünnten Flüssigkeiten in ihrer Wirkung sehr abgeschwächt worden wären. Das überschüssige Wasser wird nicht nur durch Resorption weggenommen, sondern es wird auch aus dem Magen, namentlich nach den Beobachtungen von Mering und Moritz, in kürzester Zeit in den

Dünndarm entleert. Der Blättermagen der Wiederkäuer hat offenbar ebenfalls die Aufgabe, die aus dem Pansen kommende Flüssigkeit in den Labmagen durchzulassen und die festen Partikelchen des Futters abzuseien; die Flüssigkeit wird dann bald aus dem Labmagen resorbirt oder in den Dünndarm ergossen, so dass die später aus dem Blättermagen in den Labmagen nachrückenden festen Theilchen der vollen Wirkung des Magensaftes ausgesetzt werden.

Zum Schlusse möge mir noch eine Bemerkung gestattet sein. Man hört nicht selten die Meinung, dass, wenn es einmal der Chemie gelänge, die Nahrungsstoffe, namentlich das Eiweiss, künstlich herzustellen, die Ernährung des Volkes einen ganz enormen Aufschwung nähme. Wir geben uns einer solchen Hoffnung nicht hin. Denn es existiren jetzt schon viele Eiweisspräparate in ungeheurer Quantität, wie z. B. die Rückstände nach der Fleischextractbereitung, der bei der Darstellung des Stärkemehls abfallende Kleber u. s. w., welche man für die Ernährung des Volkes in denjenigen Fällen, wo die gewöhnliche Kost zu wenig Eiweiss bietet, nutzbar zu machen gesucht hat, aber bis jetzt ohne irgend einen nennenswerthen Erfolg. Die Leute haben gegen jedes künstliche Präparat das grösste Misstrauen. Aber auch wenn dieses Misstrauen überwunden wäre, so würde der Mensch die natürlichen Speisen mit ihrem charakteristischen Geschmack und ihrem gewohnten Aussehen, der bekannten Consistenz etc. vorziehen. Selbst das Thier ist nicht zu bewegen, auf die Dauer ein Gemische von künstlich dargestellten Nahrungsstoffen zu verzehren. Wenn es dem Chemiker nicht gelingt, ein Beefsteak mit allen seinen Eigenschaften nachzuahmen oder die verschiedenen Fleischsorten und Fleischspeisen herzustellen oder die Pflanzentheile, welche wir für unsere Nahrung benützen, wie z. B. die Gemüse, die Früchte etc. zu reproduciren, wird die Synthese von Eiweiss nur wenig Nutzen bringen.

Muskelkraft und Gaswechsel.

Von

Louis Schnyder

aus Neuenstadt.[1])

(Aus dem physiologischen Institute der Universität Bern.)

Die Gleichung der bei der Muskelarbeit umgewandelten Energieformen ist nicht gelöst, obwohl die exacten Untersuchungen von A. Fick und B. Danilewski[2]) werthvolle Aufschlüsse gegeben haben.

C. Ludwig und seine Schüler suchten die Beziehungen zwischen Muskelarbeit und Gaswechsel im ein- und ausströmenden Blute. »Es gibt (nach Sczelkow) der contrahirte Muskel für dasselbe Volum verbrauchten Sauerstoffs viel mehr Kohlensäure aus, als der ruhende Muskel«[3]) C. Ludwig und Alex. Schmidt[4]) fanden später am künstlich durchströmten überlebenden Muskel, dass der respiratorische Quotient $\frac{CO_2}{O}$ durch die Muskelthätigkeit nicht vergrössert wird. Minot[5]) schloss aus

1) Der erste Theil dieser Abhandlung ist von Hrn. Dr. Cushny, jetzt Professor der Pharmakologie in Ann Arbor, ausgearbeitet worden, der nicht Zeit fand, die Untersuchungen abzuschliessen. Ich danke ihm verbindlich.

2) B. Danilewski, Versuche, die Giltigkeit des Princips der Energie bei der Muskelarbeit experimentell zu beweisen. Wiesbaden 1889.

3) C. Ludwig, Zusammenstellung der Untersuchungen über Blutgase aus der physiol. Anst. der Josephs-Akademie. Wiener medic. Jahrb. 1865.

4) Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math. phys. Classe 1868, S. 66.

5) Arbeit aus der phys. Anst. zu Leipzig 1876, S. 24.

den Ergebnissen seiner Serumtransfusionen, »dass die Kohlensäure nicht zu den Zersetzungsproducten gehört, welche sich im Muskel während seiner Zuckung oder seines Tetanus bilden.« Max v. Frey[1]) liess in noch überlebenden Hundemuskeln nach neuer Methode in vollkommenerer Weise Blut circuliren und fand Folgendes: »In der Periode der Thätigkeit wächst die Menge der gebildeten Kohlensäure und die Zunahme (10—46 %) lässt sich ähnlich der des Sauerstoffs auch noch in die anschliessende Ruhezeit verfolgen.«

Chauveau u. Kaufmann[2]) fanden, dass der beim Fressen normal thätige Hebemuskel der Oberlippe des lebenden Pferdes von dem ihn durchströmenden Blute 21mal mehr O nimmt als der ruhende. Noch mehr O scheidet der Muskel in der CO_2 aus, die er dem Blute gibt. Es ist sehr bemerkenswerth, dass dieselben Autoren Kreislauf und Athmung des leer (mit durchschnittener Sehne) sich bewegenden Hebemuskels ebenso vermehrt fanden, wie diejenige des arbeitenden Muskels.

Längst bekannt ist, dass der Gaswechsel der unversehrten Menschen und Thiere mit der Muskelthätigkeit bedeutend steigt.

Schon Lavoisier[3]) hat an seinem Mitarbeiter Séguin die Beobachtung gemacht, dass dieser bei Hebung eines Gewichts von etwa 7 kg auf 200 m während 15 Minuten 2½ mal mehr O verbrauchte als in der Ruhe.

Prout[4]) fand das Verhältniss der CO_2-Ausscheidung in der Ruhe zu derjenigen während eines Spazierganges $= \frac{23}{26}$; aber bei anstrengender Gehbewegung fand er im Verhältniss zur Ruhe den Gaswechselquotienten $= \frac{41}{32}$.

Valentin, Hirn und Vierordt machten ähnliche Beobachtungen.

---

1) Du Bois-Reymond's Archiv 1885, S. 556.

2) Chauveau, Le Travail musculaire etc. Comptes rendus de l'Académie française. 16. Mai u. 20. Juni 1887, S. 276 u. 293.

3) Mémoires de l'Académie des Sciences 1789, S. 575.

4) Ann. of Philos. 1813, Vol. II S. 335

Newport[1]) sah eine gejagte Hummel in einer Stunde mehr CO_2 ausscheiden, als in der Ruhe während eines ganzen Tages. Lassaigne[2]) fand bei Pferden im schnellen Laufe die CO_2-Ausscheidung verdoppelt, manchmal aber auch, zumal bei arabischen Pferden, nicht vermehrt.

Edward Smith[3]) beobachtete bei seiner Versuchsperson, während dieselbe schlief, eine mittlere CO_2-Ausscheidung von 160 ccm pro 1 Minute, bei ruhigem Gehen etwa 3mal so viel, beim schnellen Laufen etwa den 5fachen Betrag des Ruhewerthes, beim Steigen in der Tretmühle etwa den 9fachen (1582 ccm). Auch die Athemgrösse stieg bei starker Muskelthätigkeit um das Siebenfache.

C. Voit und Pettenkofer[4]) erhielten von einem Manne, während er sich 12 Stunden im Respirationsapparate aufhielt und 9 Stunden darin stark arbeitete, bei mittlerer Kost 1,6mal mehr CO_2 als in der Ruhe und bei Hunger 2,3mal mehr als in der Ruhe.

C. Speck[5]) hat schon 1866 den Einfluss der Muskelthätigkeit auf die Athmung zu studiren begonnen. Er fand in seinen kurz dauernden (3 — 6,5 Minuten) Versuchen u. a., dass 1 kgm Arbeit die Athmungsgrösse um 50 ccm steigert, die Co_2-Ausscheidung um 2,7 ccm, die O-Aufnahme um 2,8 ccm. Mit der Leistung wächst der respiratorische Quotient. Er gibt auch an, dass langsames Senken von Gewichten den Effect der Hebarbeit verdopple.

Hanriot und Richet[6]) erhielten nach einem sinnreichen Verfahren ähnliche Resultate wie Speck.

Es ist nun in neuerer und jüngster Zeit, unter Leitung von N. Zuntz eine Reihe von Arbeiten über die Einwirkung der Muskelthätigkeit auf den Stoffverbrauch ausgeführt worden. Die

1) Phil. transact. 1836, S. 554.

2) Journ. de Chim. méd. 1849.

3) Phil. Transactions 1859 u. Journ. de la physiol. de l'homme et des animaux 1860, S. 518.

4) Zeitschr. f. Biol. Bd. 2 S. 538.

5) Physiologie des menschlichen Athmens 1892, S. 56 u. ff.

6) Comptes rendus de l'Acad. franç. S. 104 u. 105.

erste dieser Arbeiten hat Zuntz mit Lehmann und Hagemann ausgeführt und 1889[1]) veröffentlicht. Daraus ergab sich, dass bei arbeitenden Pferden der Gaswechsel beträchtlich gesteigert wird, aber »das Verhältniss der O-Aufnahme zur CO_2-Ausscheidung während der Arbeit unverändert bleibt.«

George Katzenstein[2]) wies sodann unter Zuntz's Leitung in einer inhaltreichen Untersuchung die bei Pferden gefundene Constanz des respiratorischen Quotienten auch bei den meisten seiner an Menschen angestellten Versuchen nach. Ausser diesem in seinem Satz III formulirten Resultate vermochte er aus seinen Experimenten folgende Schlüsse zu ziehen:

1. Die mit den Armen durch Raddrehen geleistete Arbeit (vermittelst Gärtner's Ergostat) erfordert einen höheren Gaswechsel als die durch Gehen und Steigen geleistete.

2. Der Sauerstoffverbrauch für die Einheit nutzbarer Arbeit ist für geringere Arbeit etwas grösser als für stärkere.

3. Nur in den unmittelbar der Arbeit nachfolgenden Minuten steigt der respiratorische Quotient stärker und überschreitet dann mitunter die Einheit.

4. Der Sauerstoffverbrauch für den horizontalen Gang beträgt pro Kilo Körpergewicht und Minute in maximo 0,1682 ccm, in minimo 0,0858 ccm.

5. Der Sauerstoffverbrauch per Kilogrammmeter mechanischer Arbeit beträgt, wenn diese geleistet wird:

a) durch Steigen in maximo 1,5036 ccm, in minimo 1,1871 ccm,

b) durch Dreharbeit im Mittel 1,957 ccm.

Die mechanische Arbeit beim Steigen wird vom Pferde mit fast genau gleichem Stoffverbrauch bestritten wie vom Menschen. Die horizontale Bewegung leistet das Pferd unstreitig mit geringerer Anstrengung. Zuntz[3]) bemerkt in seinem Berichte über obige Arbeit, »dass die Steigerung des respiratorischen Quotienten

1) Landwirthsch. Jahrbücher 1889.

2) Pflüger's Archiv 1891, Bd. 49 S. 330.

3) Verhandl. d. Berl. physiol. Ges. Sitzung 7. März 1890. Du Bois-Reymond's Archiv 1890.

nicht nothwendig in der Natur der Muskelthätigkeit begründet ist, vielmehr von gewissen Nebenumständen abhängt, welche verhindern, dass die Sauerstoffaufnahme mit der Abspaltung der Kohlensäure gleichen Schritt hält. Zum Theil beruht die relative Steigerung der Kohlensäureausscheidung auf der durch die Muskelarbeit herbeigeführten Aenderung der Athemmechanik. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei Untersuchung vollkommen trainirter Menschen der Unterschied zwischen Mensch und Pferd ganz verschwindet.«

A. Löwy[1]) hat »die Wirkung ermüdender Muskelarbeit auf den respiratorischen Stoffwechsel« gleichfalls unter Leitung von Zuntz untersucht. Er gelangte zu folgenden Schlüssen:

1. Während der Muskelarbeit laufen die Verbrennungsprocesse im Organismus in gleicher Weise wie in der Ruhe ab, — was das Gleichbleiben des respiratorischen Quotienten beweist — solange nicht aus irgend welchen Gründen der für die Arbeitsleistung nothwendige Sauerstoff in unzureichendem Maasse den arbeitenden Muskeln zugeführt wird. Dann ergeben sich Aenderungen im Stoffzerfall, die ihren Ausdruck in einem Aufsteigen des respiratorischen Quotienten finden.

2. Da der Stoffverbrauch nicht direct von der äusseren Arbeit, sondern von der Grösse der dafür aufgewendeten Muskelthätigkeit abhängig ist, so gibt es keine bestimmte Grösse des Stoffverbrauchs, die unter allen Umständen einer bestimmten Arbeitsgrösse entspräche. — Unter günstigen äusseren Verhältnissen und bei leistungsfähigen Muskeln wird die Arbeit möglichst ökonomisch geleistet; unter ungünstigen Verhältnissen und bei eintretender Ermüdung nimmt der Stoffverbrauch zu und zwar in beiden Fällen vorzugsweise dadurch, dass jetzt mehr und ungeeignetere Muskeln zur Arbeit herangezogen und so mehr Muskelthätigkeit für dieselbe Arbeit verbraucht wird als zuvor.

3. Nach Beendigung jeder Arbeit bleiben die Stoffwechselvorgänge noch wenige Minuten hindurch erhöht, doch beträgt der Mehrzerfall in der ganzen der Arbeit folgenden Ruheperiode

1) Pflüger's Archiv 1891, Bd. 49 S. 405.

kaum so viel wie der Verbrauch einer Arbeitsminute. Nur wenn starke Muskelermüdung bestand oder die Arbeit unter ungenügender Sauerstoffzufuhr geleistet wurde, können die Zersetzungsprocesse über längere Zeiten erhöht bleiben. Das wechselnde Verhältniss des respiratorischen Quotienten in der Nachwirkungsperiode beruht auf physiologischen Bedingungen.

Max Gruber[1]) (aus Willburgstetten) hat im physiologischen Institut zu Bern schon 1888 den Nachweis geführt, dass durch die Uebung die Kohlensäureausscheidung des arbeitenden Menschen vermindert wird. Durch die oben angeführten Arbeiten ist der Beweis erbracht worden, dass das Verhältniss der ausgeschiedenen Kohlensäure zum aufgenommenen Sauerstoff bei der Muskelarbeit das gleiche bleibt, wie bei der Ruhe, nur bei unzureichender Sauerstoffzufuhr sich ändert. Daher darf die ausgeathmete Kohlensäure als Maass des Gaswechsels gelten.

Zuntz u. Lehmann[2]) haben wiederum betont, dass man, auch, ohne gleichzeitig die Stickstoffausscheidung zu kennen, in dem durch die Kohlensäureausscheidung controlirten Sauerstoffverbrauch ein ziemlich genaues Maass des gesammten Stoffwechsels und der Kraftproduction habe. »Bezüglich der Gewöhnung an das Gepäck (Trainirung) liess sich beobachten, dass leichtes Gepäck (bis 22 kg) schon nach wenigen Märschen bei allmählicher Steigerung der Anforderungen nicht mehr nachtheilig wirkte; bei schwerem (31 kg) war, auch nach längerer Uebungszeit, nur eine sehr geringe Abnahme der Schädigungen nachweisbar«[3]).

Meine Versuche, welche ich unter Leitung von Herrn Prof. Kronecker angestellt habe, sollten zunächst Gruber's Resultate an anderen Personen prüfen, sodann entscheiden, ob Menschen, welche auf anderem Wege als durch Uebung gestärkt werden, also z. B. Reconvalescenten von erschöpfenden Krank-

1) Correspondenzblatt für Schweizer Aerzte. 15. October 1888. Siehe auch diese Zeitschrift 1892.

2) Vorläufiger Bericht über die zulässige Belastung der Soldaten auf Märschen. (Deutsche militärärztl. Wochenschr. 1895, S. 7.)

3) a. a. O. S. 32.

heiten, gleichfalls ökonomischer arbeiten, als zur Zeit, da sie noch geschwächt waren.

Zu den Untersuchungen über den Einfluss der Uebung auf den Gaswechsel bot mir Herr Prof. Auer, leitender Architekt des neuen Bundesrathhauses zu Bern in hilfreicher Güte Gelegenheit. Es drängt mich, ihm dafür auch an dieser Stelle verbindlichst zu danken.

Zur Förderung der grossen Bausteine wurden am Bundesrathhause Treträder verwendet, in deren jedem gewöhnlich sechs bis acht Arbeiter liefen, um die beträchtlichen Lasten bis zu je 20 m Höhe aufzuwinden.

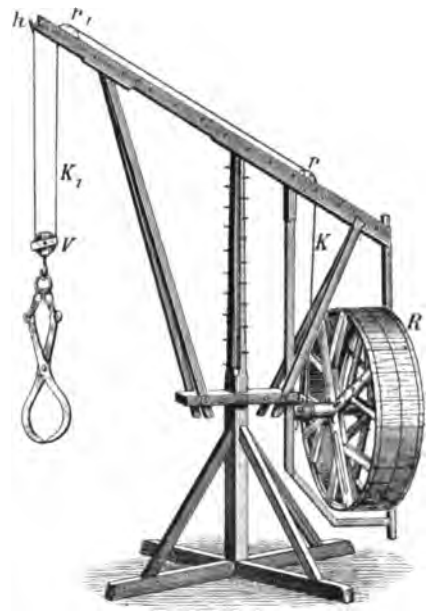


Fig. 1.

Die Einrichtung der in Bern für die Steinbauten üblichen »Radzüge« veranschaulicht die nebenstehende Abbildung (Fig. 1) eines im Berner Gewerbemuseum aufgestellten Modells.

Das Tretrad R von etwa 4,5 m Durchmesser und 500 kg Gewicht ist um einen Zapfen von 3,5 cm Durchmesser drehbar. Auf diesem Zapfen sitzt eine Walze von 23,3 cm Durchmesser, auf welche die Kette K, K_1 (am photographirten Modelle durch eine Schnur angedeutet) von den im Tretrade gehenden Arbeitern aufgewickelt wird. Die Kette läuft über die am Querbaume befestigten zwei Rollen r und r_1 zur einfachen Flaschenzugrolle mit Hacken (»Vogel«) V. An diesem hängt eine grössere (81,5 kg) oder kleinere (70 kg) Zange zum Fassen der Steinquadern. Die Kette endigt am obersten Ende des Querbaums am Hacken h.

Die Höhendifferenz zwischen den Rollen r und r_1 wechselt bei den verschiedenen Radzügen etwas, beträgt aber ungefähr

4 m, die Entfernung der Rolle r von der Radwalze 7,5 m, so dass die Rolle r_1 etwa 11,5 m über der Walze steht. Demzufolge würde (abgesehen von den Reibungen) ein 11,5 m langes Stück der die Zange haltenden Kette K_1 äquilibrirt. Die Reibungen der Kette auf dem Querbaume und den Rollen sind derart bestimmt worden, dass ein Arbeiter ein Stück Kette von der Walze abhob und lose hielt, ein anderer Arbeiter den »Vogel« soweit herabzog, bis dem ersten Arbeiter sein Kettenstück weggezogen wurde. Wenn der Vogel an der Kette 1 m unter das Niveau der Walze gebracht worden war, begann er die Kette von der Walze abzuziehen. Da der Vogel am einfachen Flaschenzuge hängt, so wirkt er nur mit der Hälfte seines Gewichtes = 32,5 kg. Dazu zieht 1 m Kette = 11 kg. Demnach sind 43,5 kg erforderlich, um die Kettenreibungen zu überwinden.

In unseren Versuchen konnte die Zange vom Boden ab um etwa 20 m gehoben worden. 1 m Kette wiegt, wie oben gesagt, etwa 11 kg und besteht aus etwa 15 Gliedern. Jedes Kettenglied ist also ungefähr 733 g schwer. Demnach hat die 20 m lang von der Rolle r herabhängende Kette ein Gewicht von 220 kg. Hiervon würden, ohne Rücksicht auf die Kettenreibung, 11,5 m = 126,5 kg durch das von der Rolle r bis zur Radwalze hängende Kettenstück äquilibrirt. Von diesen 126,5 kg ist aber das oben berechnete Reibungsgewicht von 43,5 kg abzuziehen. Es werden also 83 kg von der zu hebenden Last durch die ablaufenden Kettenstücke aufgewogen. So bleiben beim tiefsten Stande des Vogels nur (220 — 83 kg =) 137 kg Kette, entsprechend etwa 12,5 m Kette (ausser Vogel, Zange und angehängter Last) zu heben.

Da jedes starre Glied der Kette bei der Aufwickelung ungetheilt gehoben wird, so entspricht die Summe des gehobenen Gewichtes der Kette der Summe S einer arithmetischen Reihe, deren Anfangsglied den maximalen Lastrest des Kettenstückes K_1 darstellt, gleich dem grössten Gliede z der Reihe; das Endglied p = dem am Schlusse der Hebung bleibenden Reste der Kette. Das ideale Endglied a entspräche einem Kettenglied.

Zu dieser Lastsumme ist bei Drehung des Tretrades die Axenreibung zu überwinden. Auch diese wurde durch einen

Versuch bestimmt. Man musste 5,5 m Kette nebst Vogel unter das Niveau der Walze ablaufen lassen, bevor das schwere Rad sich rückwärts zu drehen begann. Demnach sind 93 kg erforderlich zur Ueberwindung der Axen- und Kettenreibung. Rechnen wir die schon in Anschlag gebrachte Kettenreibung = 43,5 kg ab, so bleiben für die Axenreibung bei langsamer Drehung 49,5 kg. Dies stellt einen Minimalwerth dar, weil selten die Axe des Rades so gut geschmiert war. Wir wollen daher rund 50 kg Axenreibungsgewicht setzen.

Die von den arbeitenden Versuchspersonen ausgeathmete Kohlensäure wurde, wie in Gruber's Experimenten, durch Natronkalk absorbirt. Um auch für Ungeübte die Athmungen durch den Absorptionsapparat zu ermöglichen, wurde nach den ersten Versuchen der Athmungsschlauch *A* (Fig. 2) nicht durch die Zähne gesperrt, sondern vermittelst Klappenventile *V* der Zutritt der Luft vom aufgeblasenen Gummikissen *K* zum Munde verhindert. Der etwa absickernde Speichel sammelte sich im gläsernen Wassersacke *S*. Die Ausathmungsluft wurde im Chlorcalciumrohre *O* theilweise und in dem mit Phosphorsäureanhydrid beschickten Rohre *P* vollkommen getrocknet, bevor sie in den Kohlensäure-Absorptionsapparat drang. Die Versuchsmenschen hatten nur zu lernen, durch die Nase ein-, durch den Mund auszuathmen, was recht leicht ist, da wir erstens Alle beim Sprechen, Singen u. s. w. durch den Mund auszuathmen gewohnt sind, ferner in diesen Experimenten das Ventil die Einathmung durch den im Munde gehaltenen Gummischlauch verhinderte.

Die vom Natronkalk absorbirte Kohlensäuremenge wurde durch Wägung bestimmt.

In einigen Fällen liess ich, wie Gruber, in einem Ballon die durch die Natronkalkröhren getriebene Exspirationsluft auffangen, um zu prüfen, ob alle CO_2 vom Natronkalke absorbirt worden war. Die aus dem Gummiballon (von etwa 2 l Inhalt) durch ein kleines Natronkalkröhrchen gepresste Luft liess dann die etwaigen Reste von CO_2 erkennen, was in den Versuchsprotokollen angegeben ist.

In vielen Fällen habe ich auf die Prüfungsballons verzichtet, weil schon aus der geringen Menge von CO_2 in den letzten Absorptionsröhren zu schliessen war, dass alle CO_2 absorbirt worden.

Es war wesentlich, um Verluste von CO_2 zu vermeiden, den mit Ausathmungsluft gefüllten, unter dem Arme gehaltenen Sack langsam und gleichmässig durch die Absorptionsröhren entleeren zu lassen. Darin wurden die Versuchsmenschen vorzugsweise geübt. Wo dies nicht anging, habe ich das Auspressen selbst übernommen.

Der Kohlensäureabsorptionsapparat wurde schliesslich auf Rath von Hrn. Prof. Kronecker in einer Weise vervollkommnet,

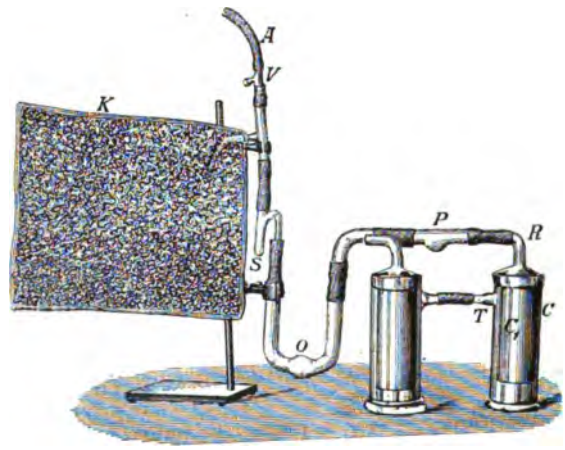


Fig. 2.

wie es beifolgende Fig. 2 verdeutlicht: Ein Glascylinder C von 1 l Inhalt mit offenen Grundflächen trägt nahe seinem oberen Ende einen den Mantel durchdringenden Tubus T. Die untere Grundfläche ist durch einen Glasstöpsel verschliessbar. Durch die obere Grundfläche reicht ein engerer Glascylinder C_1 von etwa $^1/_2$ l Inhalt bis nahe zum Boden des grösseren Cylinders. Der kleinere Cylinder ist oben derart erweitert, dass er in die obere Mündung des grösseren Cylinders eingeschliffen werden konnte. Ein durch diesen Deckel eingeschmolzenes Knierohr R dient zur Verbindung mit dem Ausathmungsschlauch. Durch den zum äusseren Cylinder C führenden Tubus T kann ein zweites mit

Natronkalk gefülltes Absorptionsgefäss mit dem ersten verbunden werden, was in meinen Versuchen meist geschah, um Reste von Kohlensäure zu binden, welche bei schnellem Ausathmen vom ersten Gefässe nicht festgehalten worden waren.

Als erste Versuchsperson diente Friedr. Jenni, Steinträger, 16 Jahre alt, 52,8 kg schwer.

Die Versuche wurden immer zwischen 6 und 7 Uhr Abends angestellt, nachdem der Jüngling zwischen 12 und 1 Uhr sein Mittagessen, bestehend aus Suppe, Fleisch, Kartoffeln, Brod, ohne anderes Getränk als Wasser — um 4 Uhr seinen Vesperimbiss: wenig Brod und Bier genommen hatte.

Vor dieser Versuchsreihe hatte Jenni während 14 Tage ab und zu im Tretrade gearbeitet und während einiger Tage sich im Gebrauche des Athmungsapparates geübt.

Versuch I.

Jenni athmet am 6. Mai 1890 ruhig stehend während 15 Minuten durch den Natronkalkapparat. Er machte im Durchschnitt 18 Respirationen während 1 Minute.

Der Natronkalk wog nach dem Versuch:	1026,78 g
vor » »	1016,37 »
demnach Kohlensäure absorbirt	10,41 g.

Versuch II.

Am 14. Mai wand Jenni, während 16 Minuten im Tretrade gehend, mühsam 11 m Kette mit angehängtem »Vogel« (Rolle mit Haken) von 65 kg Gewicht auf und athmete während dessen und noch 3 Minuten nach dem Ende der Arbeit durch den Absorptionsapparat. Für eine Umdrehung des Rades brauchte er 55 bis 65 Schritte während 1 Minute. Am Ende der Arbeitsperiode drehte er das weniger belastete Rad mit längeren Schritten etwas schneller und leichter. Die geleistete Arbeit berechnet sich nach den Seite 296 entwickelten Principien folgendermaassen: Kettenlänge = 20 m, deren Gewicht = 220 kg, davon ab das Gegengewicht 83 kg, bleiben 137 kg Anfangsgewicht. 11 m Kette wiegen 121 kg, also bleiben am Ende der Hubarbeit 137 — 121 = 16 kg Kettenüberlast. Bei Kettenlänge = 7,5 m ist die Aequilibrirung vollkommen, also sind im Ganzen etwa 12,5 m zu heben, bis die Kettenhubarbeit = 0 wird. 12,5 m enthalten etwa 188 Kettenglieder. Jedes Kettenglied wiegt ungefähr 0,733 kg; wir finden also die Summe der Arbeit beim Aufwickeln der Kette bis zum Aequilibriren durch die Gleichung $S = (z + a)\frac{n}{2}$. Den Buchstaben entsprechen in unserm Fall folgende

Zahlen: (137 kg + 0,733 kg) $\frac{188}{2}$ = 12 946,902 × $\frac{1}{15}$ m (Länge eines Kettengliedes) = 863,126 kgm. Am Ende der Hebung blieb im vorliegenden Versuche folgender Arbeitswerth zurück:

$$S = (16 \text{ kg} + 0{,}733 \text{ kg}) \frac{20}{2} = 16{,}733 \cdot 10 \cdot \frac{1}{15} = 11{,}15 \text{ kgm}.$$

Demnach entspricht der von Jenni bewirkte Kettenhub einem Arbeitswerthe von rund 852 kgm; dazu kommt die Hebung des »Vogels« von 65 kg um 11 m = 715 kgm + Axenreibungswerth = 50 kg × 11 m = 550 kgm. Also Gesammtarbeit = 852 + 715 + 550 = 2117 kgm.

Der Natronkalk im Absorptionsapparat wog

nach dem Versuche	1115,84 g
vor dem Versuche	1092,74 »
demnach wurde Kohlensäure absorbirt	23,10 g.

Der Probeballon enthielt 0,02 g CO_2. Daraus ist zu schliessen, dass nicht alle ausgeathmete Kohlensäure durch den Absorptionsapparat aufgefangen worden ist.

Versuch III.

Nachdem Jenni vom 6. Mai bis zum 10. Juli täglich im Tretrade gearbeitet hatte, danach nur gelegentlich, athmete er am 16. Juli 15 Minuten lang durch den Absorptionsapparat, während er 13 Minuten mühelos das Rad drehte und 2 Minuten danach ruhte.

Er vollbrachte eine ganze Raddrehung schon in 35—45″ und brauchte hierzu nur 38 — 48 Schritte. Er wickelte während 13 Minuten 16 m Kette mit anhängendem »Vogel« auf.

Die geleistete Gesammtarbeit ergibt sich aus folgenden Werthen:

1) Arbeitssumme S für 12,5 m Kettenhebung = 863,126 kgm.

2) Auf die übrigen 3,5 m gehobener Kette wirkt in wachsendem Grade das Gegengewicht der Kette von 83 kg; $S_1 = (a + p)\frac{n}{2}$ = (0,733 kg + 38,5) $\frac{52{,}5}{2}$ = 39,233 × 26,25 = 1029,866 kg × $\frac{1}{15}$ m = 68,657 kgm. Dieser Werth ist abzuziehen von der Arbeit, die geleistet wurde durch Hebung des Vogels von 65 kg um 16 m = 1040 kgm — 68,657 = 971,343 kgm; dazu Axenreibungswerth = 50 kg × 16 m = 800 kgm. Hieraus ergibt sich der Gesammtarbeitswerth = 2634,47 kgm.

Der Natronkalk im Absorptionsapparat wog

nach dem Versuch	1135,43 g
vor dem Versuch	1114,45 »
demnach wurde Kohlensäure absorbirt	20,98 g.

Versuch IV.

Jenni athmete am 18. Juli 15 Minuten lang durch den Absorptionsapparat, während er ruhig stand.

Der Natronkalk wog nach dem Versuch 1130,65 g
vor dem Versuch 1119,75 »
demnach wurde Kohlensäure absorbirt 10,90 g.

Jenni schied also ruhend im Mittel während 1 Minute 0,72 g CO_2 aus. Am 6. Mai hatte er unter gleichen Umständen pro 1 Minute 0,69 g CO_2 ausgeathmet. Man kann daher die mittlere Ruheausscheidung während 1 Minute auf ungefähr 0,7 g veranschlagen.

Am 14. Mai expirirte während 19 Minuten der 16 Minuten lang arbeitende Mann 23,1 g CO_2. Die Ruheausscheidung in der gleichen Zeit würde nach obigen Ansätzen rund 13,4 g betragen. Daraus ergibt sich bei Arbeitsleistung von 2117 kgm ein Mehrumsatz entsprechend 9,7 g CO_2, d. h. pro 1 g CO_2 eine Arbeitsleistung von 218 kgm. — Am 16. Juli schied der geübte Mann bei einer Arbeit von 2634,47 kgm 20,98 g CO_2 aus. Er würde in der Ruhe gleicher Dauer 10,5 g gebildet haben. Es entspricht demnach 1 g CO_2 einer Arbeitsleistung von 250 kgm. Dieser Einfluss der Uebung ist gering. Die Versuchsperson war nicht geeignet.

Die zweite Versuchsperson war J. Schneider, ein kräftiger 22 jähriger Steinhauer. Er gibt an, dass er bis zum Tage vor Beginn dieser Versuche niemals (ausser vor 2 Jahren zwei Tage lang) im Tretrade gearbeitet habe, sondern seit 2 Jahren als Steinhauer beschäftigt gewesen sei. Sein Körpergewicht war am 16. Mai 63,78 kg, am 10. Juli 65,2 kg. Seine Mittagessen bestanden aus Brod, Fleisch, Kartoffeln, ohne anderes Getränk als Wasser. Um 4 Uhr Nachmittags nahm er 1 Glas Bier. Die Versuche wurden um 7 Uhr Abends ausgeführt.

Versuch I.

Schneider athmete am 16. Mai 14 Minuten lang durch den Apparat, während er im Tretrade war. Er wickelte während 11 Minuten 16 m der Kettenlänge und blieb, während der letzten 3 Athemminuten nach der Arbeit stehend. Während der Arbeit schwitzte er bei Sonnenhitze stark, fand jedoch die Arbeit nicht besonders anstrengend. Er drehte das Rad während 30″ einmal herum und machte 68—73 Schritte während 1 Minute. Seine Arbeitsleistung entsprach 2634,47 kgm.

Gewicht des Natronkalkes	nach dem Versuch	1143,11 g
» » »	vor » »	1119,85 »
die absorbirte Kohlensäure =		23,26 g.

Der Probeballon enthielt 0,017 g CO_2.

Versuch II.

Schneider athmete am 22. Mai 17′ 45″ lang durch den Apparat, während er am Rade 16 m der Kette aufwickelte. Zu dieser Arbeit brauchte er 14′ 15″, und gab dann noch während darauffolgender Ruhezeit von 3′ 30″ seine CO_2 in den Apparat ab. Auf meine Bitte, langsamer zu gehen als beim ersten Versuche, drehte er das Rad während 36—40″ einmal herum, dabei 62—58 Schritte in der Minute machend. Gesammtarbeit = 2634,47 kgm.

Gewicht des Natronkalkes nach dem Versuch	1181,03 g
» » » vor » »	1156,02 »
Gewicht der Kohlensäure	25,01 g.

Der Probeballon enthielt 0,014 g CO_2.

Versuch III.

Schneider athmete am 23. Mai während 18 Minuten durch den Apparat; 15′ lang hob er mittels des Tretrades eine grosse Zange von 81,5 kg, die am Ende der Kette hing, 13 m hoch und ruhte sodann während ca. 3′. Sogleich nach der Arbeit hatte er 120 Pulse pro 1′; 3′ später normale Pulsfrequenz. Das Rad drehte er in 40 — 45″ einmal herum, und machte dabei 56 bis 61 Schritte pro 1 Minute. Er schwitzte viel und schien recht erschöpft zu sein. Arbeitsleistung = 3461,57 kgm.

Gewicht des Natronkalkes nach dem Versuche	1203,46 g
» » » vor » »	1175,99 »
Gewicht der Kohlensäure	27,47 g.

Versuch IV.

Ganz analog dem vorigen Versuche war dieser am 5. Juni ausgeführt, nur dass die Ruheathmung 30″ länger währte. Eine Raddrehung geschah in 42—50″ bei einer Schrittfrequenz von 53—55 Schritten pro 1′. Er schwitzte nicht so viel und war nicht so ermüdet wie beim vorigen Versuche. Arbeit = 3461,57 kgm.

Gewicht des Natronkalkes nach dem Versuch	1268,12 g
» » » vor » »	1241,28 »
Gewicht der Kohlensäure	26,84 g.

Der Probeballon enthielt 0,02 g.

Versuch V.

S. athmete am 11. Juli während 15′ durch den Apparat, während er im physiologischen Institute ruhig stand.

Gewicht des Natronkalkes nach dem Versuch	1220,49 g
» » » vor » »	1206,93 »
Gewicht der Kohlensäure	13,56 g.

Versuch VI.

S. athmete am 8. Juli während 15′ durch den Apparat, indem er 13′ lang mittels des Tretrades die Kette ohne Zange 16 m hoch aufwickelte, hierauf 2′ lang ruhte. Zu einer Raddrehung brauchte er 30—37″ bei einer Schrittfrequenz von 56—60 pro 1′. Arbeitsleistung = 2634,47 kgm.

Gewicht des Natronkalkes nach dem Versuch	1113,23 g
» » » vor » »	1092,34 »
Gewicht der Kohlensäure	20,89 g.

Versuch VII.

S. athmete am 9. Juli während 15′ 30″ durch den Apparat, indem er 13′ 30″ lang mittels Tretrades die in Versuch III erwähnte Zange an der Kette 13 m hoch hob, darnach 2′ lang ausruhte. Eine Raddrehung vollbrachte er in 40—42″ bei einer Schrittfrequenz von 50—57 pro 1′. S. leistete diese Arbeit mit viel weniger Anstrengung als in den früheren Versuchen. Arbeit = 3461,57 kgm.

Gewicht des Natronkalkes nach dem Versuch	1115,12 g
» » » vor » »	1092,77 »
Gewicht der Kohlensäure	22,35 g.

Versuch VIII.

S. athmete am 10. Juli während 15′ durch den Apparat, indem er ruhig stand. Bis zu diesem Tage hatte er seit 15. Mai alle Wochentage im Tretrade gearbeitet.

Gewicht des Natronkalkes nach dem Versuch	1113,37 g
» » » vor » »	1100,14 »
	13,23 g.

Die Ruheausscheidung von Kohlensäure betrug am 11. Juni 13,56 g pro 15′, am 10. Juli 13,23 g pro 15′, also resp. 0,90 und 0,89 pro 1′. Demgemäss scheint dieselbe constant zu bleiben, und das arithmetische Mittel dieser zwei Versuche 0,895 kann als Durchschnittswerth der Ruheausscheidung während 1′ für die ganze Reihe angenommen werden.

In den drei Versuchen I, II, VI wand S. die gleichen Längen der gleichen Kette (ohne Zange) auf.

Am 16. Mai (Vers. I) ausgeschiedene CO_2	23,26 g
Zieht man davon die pro 14′ berechnete Ruheausscheidung	12,53 »
ab, so bleiben als Arbeitsumsatz . . .	10,73 g für 2634,47 kgm

d. h. auf 1 g CO_2 = 245 kgm.

Am 22. Mai (Vers. II) ausgeschiedene CO_2	25,01 g.
Hiervon pro 17′ 45″ berechnete Ruheausscheidung abgezogen	15,89 »
so bleibt als Arbeitsumsatz	9,12 g

d. h. auf 1 g CO_2 = 288 kgm.

Am 8. Juli (Vers. VI) ausgeschiedene CO_2	20,89 g.
Hiervon pro 15′ berechnete Ruheausscheidung abgezogen	13,42 »
so bleibt als Arbeitsumsatz	7,47 g

d. h. auf 1 g CO_2 = 352 kgm.

Aus diesen drei Versuchen ergibt sich folgendes procentische Verhältniss der bei gleicher Leistung am 2., 8. und 55. Tage ausgeschiedenen Kohlensäuremengen 100 : 85 : 69,6. Wenn man die Ergebnisse von den am 23. Mai, 5. Juni und 9. Juli ausgeführten Versuchen (worin die Zange an der Kette angehängt war) vergleicht, findet man ein ähnliches Resultat.

Am 23. Mai (Vers. III) ausgeschiedene CO_2 27,47 g.
Hiervon pro 18′ berechnete Ruheausscheidung abgezogen . . . . . 16,11 »
verbleibt als Arbeitsumsatz . . . . . 11,36 g für 3461,57 kgm
d. h. auf 1 g CO_2 = 305 kgm.

Am 5. Juni (Vers. IV) ausgeschiedene Co_2 26,840 g.
Hiervon pro 18½′ berechnete Ruheausscheidung abgezogen . . . . . 16,557 »
verbleibt als Arbeitsumsatz . . . . . 10,283 g
d. h. auf 1 g CO_2 = 336 kgm.

Am 9. Juli (Vers. VII) ausgeschiedene CO_2 22,35 g.
Hiervon pro 15½′ berechnete Ruheausscheidung abgezogen . . . . . 13,87 »
verbleibt als Arbeitsumsatz . . . . . 8,48 g
d. h. auf 1 g CO_2 = 408 kgm.

Aus diesen 3 Versuchen (mit Zange) ergibt sich folgendes procentische Verhältniss der bei gleicher Leistung am 9., 22. und 56. Tage ausgeschiedenen CO_2-Menge 100 : 90,5 : 74,6.

Aehnliche Werthe fand M. Gruber bei seinen früher ausgeführten Versuchen, nämlich 1 g CO_2 entsprechend 300 bis 500 kgm Arbeit.

Hieraus ergibt sich, dass die Uebung sowohl bei schwerer wie bei leichterer Arbeit die Kohlensäureausscheidung vermindert. Freilich nahm in unseren Versuchen bei schwerer Arbeit die Kohlensäure weniger ab als bei leichter Arbeit, aber dies ist dadurch zu erklären, dass Schneider den ersten Versuch mit der Zange nicht in ganz ungeübtem Zustand gemacht hat, sondern nachdem er im Tretrade über eine Woche gearbeitet hatte.

Während dieser Zeit war er, wie die erste Versuchsreihe zeigt, schon zur Hälfte trainirt worden.

Man könnte vielleicht einwenden, dass das Gewicht des Individuum während der Versuchszeit um 1,42 kg zunahm, und dass durch diese Zunahme die Arbeit (welche er ja durch sein Gewicht leistet) erleichtert wurde. Aber diese kleine Mehrlast musste er doch beim Steigen im Tretrade zunächst heben.

Die Ersparniss im Stoffwechsel wurde mit jedem Uebungstage geringer. Die grösste Verminderung des Stoffverbrauchs geschah in der ersten Woche, in welcher sie ungefähr 15% betrug. Zu einer weiteren Verminderung von 15% waren sieben Wochen erforderlich. Leider war der Mann während dieser Zeit nicht untersucht worden, so dass ich nicht entscheiden konnte, ob die Trainirung allmählich geschah, oder ob sie nach einer gewissen Zeit vor unserer Schlussprüfung abgeschlossen war.

Wir wünschten nun zu wissen, ob durch Verbesserung der Körperconstitution ohne Uebung der Gaswechsel sparsamer werde.

Zu dieser Versuchsreihe diente Egger, ein 11jähriger im Jennerspital vom Typhus geheilter Reconvalescent, welchen ich, mit freundlicher Erlaubniss von Hrn. Prof. Demme, den Arbeitsversuchen unterzogen habe. Folgender Abriss der Krankengeschichte sei zur Orientirung vorausgeschickt. — Beginn der Erkrankung am 13. April, Dauer des Fiebers bis zum 26. Mai. Von da an bis zum 12. Juni schwankte die Temperatur zwischen 37,5° und 38°. Vom 13. Juni an bleibt der Patient vollständig fieberfrei. Auf der Höhe der Krankheit wog Patient 22,6 kg und zu Beginn der Versuche 23,6 kg. Seit 13. Juni sind die Verdauungsorgane vollständig zur Norm zurückgekehrt, während Anfangs Juni auch der dünnste Brei Temperatursteigerung hervorgerufen hatte. Bis zum 12. Juli erhielt Patient nur Milchdiät mit ein wenig Fleischbrühe um 11 Uhr Vormittags. Nach dem 12. Juli durfte er Suppe, Fleisch und Brod um 11 Uhr verzehren. Die Athmungsversuche wurden zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags angestellt.

Versuch I. 23. Juni.

Egger athmete in den Luftsack. Weil er zu schwach war, so nahm ich ihm die Mühe ab, die Luft aus dem Sacke durch die Röhren zu pressen und habe dies dann in allen Versuchen bei dem gleichen Knaben gethan. Er athmete 9′ lang stehend in den Apparat aus, der auf einem Sessel gehalten wurde. Er schien noch sehr schwach zu sein und war ängstlich.

Gewicht des Natronkalks nach dem Versuche	1100,29 g
» » » vor » »	1095,26 »
Gewicht der Kohlensäure	5,03 g.

Versuch II.

Am 24. Juni wurde in ganz gleicher Weise wie am vorhergehenden Tage 10′ lang der Versuch angestellt.

Gewicht des Natronkalks nach dem Versuche .	602,42 g
» » » vor » »	596,19 »
Gewicht der Kohlensäure	6,23 g.

Versuch III

E. ging am 25. Juni, während 10′ 15″, 468 m weit im Hofe des Instituts umher, während ich, wie in allen Gehversuchen, den Apparat trug und durch denselben den Gummisack entleerte, in welchen er athmete. Nach der Hälfte des Weges machte er eine Ruhepause von 30″. Er schwitzte wenig. Vor dem Versuche zählte ich bei ihm 120 Pulse, gleich nach dem Spaziergange 130 Pulse pro 1′.

Gewicht des Natronkalks nach dem Versuche .	610,36 g
» » » vor » »	599,91 »
Gewicht der Kohlensäure	10,45 g.

Versuch IV.

E. machte am 1. Juli den Weg von 468 m binnen 11′ ohne Ruhepause. Er erschien viel stärker als am 25. Juni.

Gewicht des Natronkalks nach dem Versuche	1093,46 g
» » » vor » »	1083,39 »
Gewicht der Kohlensäure	10,07 g.

Versuch V.

E. erstieg am 7. Juli, in den Apparat athmend, die Treppen des Instituts, hob damit sein Gewicht während 3′ 30″ um 18,36 m, athmete oben ruhend noch 1′ 30″ in den Luftsack, stieg sodann wieder herab und begann nach 5′ Athempause wieder den zweiten Aufstieg mit Apparat-Athmung während 3′ und 2′ Ruhe auf der Höhe. Derart war die Kohlensäure während zweier Aufstiege bis zur Gesammthöhe von 36,72 m innerhalb 6′ 30″ und 3′ 30″ Nachathmung gesammelt. Sein Körpergewicht betrug 28,95 kg.

Gewicht des Natronkalks nach dem Versuche	1073,06 g
» » » vor » »	1062,32 »
Gewicht der Kohlensäure	10,74 g.

Versuch VI.

E. athmete, am 24. Juli, 11′ lang in den Apparat und zwar 9′ 30″, während er einen Weg von 468 m zurücklegte, 1′ 30″ während nachfolgender Ruhe.

Gewicht des Natronkalks nach dem Versuche	1150,10 g
» » » vor » »	1140,94 »
Gewicht der Kohlensäure	9,16 g.

Versuch VII.

E. athmete am 25. Juli, während 10′ ruhig stehend, in den Apparat aus (12 Respirationen pro 1′).

Gewicht des Natronkalks nach dem Versuche	1078,32 g
» » » vor » »	1072,68 »
Gewicht der Kohlensäure	5,64 g.

Versuch VIII.

E. athmete mehrere Stunden nach dem vorhergehenden Versuche in den Apparat, während er die Institutstreppen zweimal hinaufstieg: einmal innerhalb 3′ 45″ und 1′ 45″ Ruhepause (mit Athmung), das zweite Mal 5′ später, innerhalb 3′ mit nachfolgender Ruhe von 2′. Körpergew.: 32,375 kg.

Gewicht des Natronkalks nach dem Versuche	1087,71 g
» » » vor » »	1078,32 »
Gewicht der Kohlensäure	9,39 g.

Wenn man die Ruheausscheidungen bei Egger vergleicht, findet man am ersten Tag 5,03 g in 9′, am zweiten 6,23 g in 10′ und am 33. Tage 5,64 g in 10′, im Durchschnitt 0,58 g pro 1′.

Ein Vergleich der Ausscheidung beim Gehen auf der Ebene zeigt

1. am 3. Tag ausgeschiedene CO_2	510,45 g
Hiervon die pro 10¼′ berechnete Ruheausscheidung abgezogen	5,945 »
ergibt für die Geharbeit von 468 m .	4,505 g.
2. am 9. Tage ausgeschiedene CO_2	10,07 g
Hiervon abgezogene Ruheausscheidung .	6,38 »
ergibt für die Geharbeit	3,69 g.
3. am 32. Tage ausgeschiedene CO_2 . . .	9,16 g
Hiervon pro 11′ berechnete Ruheausscheidung abgezogen	6,38 g
ergibt für die Geharbeit	2,78 g.

Aus den obigen Zahlen ist ersichtlich, dass am 3., 9. und 32. Tage der gleichen Geharbeit CO_2-Ausgaben von resp. 4,505, 3,69 und 2,78 g entsprechen, d. h. die Ersparniss von 18% bis auf 39% wuchs. Bei Egger machte sich daher die Abnahme in der durch Gehen verursachten Kohlensäureausscheidung, hauptsächlich in der ersten Woche bemerklich, indem zwischen dem 3. und 9. Tage fast die gleiche Ersparniss zu sehen ist, wie zwischen dem 9. und 32. Tage. Dagegen muss man sich erinnern, dass sein Körpergewicht beträchtlich zunahm, durchschnittlich 2 kg die Woche, und dass dementsprechend die Gearbeit in der ersten Woche um etwa 8% wuchs; von der 2. bis 5. Woche aber um 25%.

Wenn man die Steigversuche ebenso vergleicht, findet man ähnliche Kohlensäureverminderung.

1. Am 15. Tage athmete E. in den Apparat 10' lang, während deren eine Ruheausscheidung von 5,80 g anzunehmen ist; als Arbeitswerth bleiben daher 4,94 g CO_2. Diese Menge genügte zur Arbeitsleistung von 1063 kgm, indem er sein Körpergewicht von 28,95 kg zu einer Höhe von 36,72 m hob, woraus folgt, dass 0,464 g CO_2 per 100 kgm ausgegeben wurden oder für 1 g CO_2 = 215 kgm.

2. Am 33. Tage können die beim Steigen ingesammt ausgeschiedenen 9,39 g CO_2 in derselben Weise vertheilt werden: in eine Ruheausscheidung von 5,51 g und eine Arbeitsausscheidung von 3,88 g für das Heben von 32,373 kg auf eine Höhe von 36,72 m, d. i. zu einer Arbeitsleistung von 1188 kgm. Daraus ist zu berechnen, dass 100 kgm einer Kohlensäureausscheidung von nur 0,326 g entsprechen, oder 1 g CO_2 309 kgm. Die Abnahme gegenüber dem Verbrauche vom 15. Tage betrug demnach 30%.

Wenn wir die Ersparniss der Gehausscheidung mit derjenigen der Steigausscheidung vergleichen, finden wir beim Gehen eine Abnahme von etwa 21% zwischen dem 9. und 32. Tage, während beim Steigen eine solche von 30% zwischen dem 15. und 33. Tage stattfindet. Dieser Unterschied ist vielleicht dadurch zu erklären, dass, wie oben erwähnt, die Zunahme der Geharbeit durch vermehrtes Körpergewicht nicht mitgerechnet worden ist.

Herr Prof. Sahli gab mir mit grosser Liebenswürdigkeit die Gelegenheit, Versuche an Typhusreconvalescenten der medicinischen Klinik zu Bern zu machen, wofür ich ihm meinen innigen Dank ausspreche.

Zu einer der Versuchsreihen diente Haueter, ein 18jähriger Schreiner. Aus der Krankengeschichte lassen sich folgende Daten entnehmen: Der früher gesunde und kräftige Patient ist am 16. Januar 1895 mit typischen Erscheinungen von Typhus abdominalis in das Inselspital eingetreten. Das Fieber schwankte zwischen 38 und 39,5° und dauerte etwa 3 Wochen. Bis zum 16. Februar bekam er nur breiige Nahrung, dann allmählich die ganze Spitalkost. Er stand am 20. Februar zum ersten Male auf; er wog damals 54 kg; hatte ungefähr 15 kg abgenommen und fühlte sich recht schwach. Die Versuche wurden im physiologischen Institute vorgenommen.

Die Arbeitsleistung bestand nicht, wie bei Egger, einfach in Gehen oder Steigen, sondern in Heben eines Gewichts mittels eines von Herrn Professor Kronecker angegebenen Tretapparates. Derselbe war folgendermaassen eingerichtet: Ein starker eiserner Galgen trug an jedem Ende seines horizontalen Armes eine Rolle, über welche eine Kette lief. Dieselbe war einerseits mit einer Waagschale verbunden, die am freien Ende des Galgens herabhing, andererseits mit einem Tretbrette, dessen Fussende durch eine Charniervorrichtung am Boden des Apparates fixirt war. Das Gewicht der Waagschale wurde so gewählt, dass es das Brett ungefähr ins Gleichgewicht brachte. Durch Belastung der Waagschale wurde das Kopfende des Brettes in die Höhe gezogen, bis zu einem 15 cm hoch gelegenen Anschlag.

Von dieser Höhe hatte dann die Versuchsperson mit einem Fusse, indem der andere auf dem Boden ruhte, das Brett wieder herunterzudrücken. Es wurde jedesmal 5 Minuten mit dem rechten und 5 Minuten mit dem linken Beine getreten, ohne Zwischenpause. In den ersten Versuchen machte das Individuum 20, in den anderen 30 Tritte während einer Minute, so dass die Gesammtarbeit 1500 resp. 2250 kgm betrug. Während des Tretens athmete Haneter, wie in den früheren Versuchen, in den Kohlen-

säureabsorptionsapparat, welcher nur leicht modificirt worden war. Er bestand aus vier paarweise angeordneten Flaschen Natronkalk. Zur vollständigen Trocknung der Kohlensäure liessen wir die Exspirationsluft zuerst durch ein Gefäss mit Schwefelsäure, dann durch eine mit Phosphorsäureanhydrid versehene Flasche streichen.

Versuch I.

26. Februar 2 h 58′ Nachmittags.

Haueter athmete 10′ lang, ruhig sitzend durch den Apparat und zeigte am Ende des Versuchs keine Zeichen von Anstrengung. Die Pulsfrequenz hatte sich nicht vermehrt, die Athmungsfrequenz war auf 20 geblieben.

Die Wägung ergab eine Kohlensäureausscheidung von 13,31 g.

Versuch II

27. Februar 3 h 58′ Nachmittags.

H. athmete ebenfalls ruhig sitzend in den Apparat 10′ lang.

Die Kohlensäureausscheidung betrug 14,60 g.

Versuch III.

1. März 4 h 48′ Nachmittag.

H. athmete 10′ lang stehend in den Apparat.

Kohlensäureausscheidung: 13,70 g.

Versuch IV.

4. März 6 h 40′ Nachmittag.

H. athmete 10′ lang in den Apparat, indem er auf der Tretmaschine arbeitete und das 50 kg schwere Gewicht während 1′ 20 mal 15 cm hoch hob. Die Arbeitsleistung betrug somit 1500 kgm. Nach dem Versuche fühlte sich der Patient ziemlich müde, sein Gesicht war mit Schweiss bedeckt, der Puls von 100 auf 114 gestiegen.

Kohlensäureausscheidung: 21,71 g.

Versuch V.

6. März 5 h Nachmittags.

Versuchsbedingungen wie in Versuch IV.

Kohlensäureausscheidung: 19,50 g.

Versuch VI.

12. März 6 h 20′ Nachmittag.

H. athmete wieder ruhig sitzend in den Apparat.

Kohlensäureausscheidung: 13,50 g.

Versuch VII.

14. März 6 h Nachmittag.

H. athmete 10′ lang in den Apparat, indem er diesmal das 50 kg schwere Gewicht 30 mal während 1′ in die Höhe hob. Die Arbeitsleistung war also

2250 kgm. Am Ende des Versuchs schien der Patient beträchtlich ermüdet und schwitzte sehr am Gesichte. Die Pulsfrequenz stieg von 96 auf 132.
Kohlensäureausscheidung: 22,47 g.

Versuch VIII.

16. März 5 h 40′ Nachmittag.

H. athmete unter gleichen Bedingungen wie im vorigen Versuche. Der Puls stieg von 94 auf 114.
Kohlensäureausscheidung: 22,92 g

Versuch IX.

18. März 6 h 25′ Nachmittag.

Gleiche Arbeitsleistung. H. schien dabei sich mehr angestrengt zu haben. Er schwitzte mehr als im vorigen Versuche, der Puls war von 96 auf 132 gestiegen.
Kohlensäureausscheidung: 24,17 g.

Versuch X.

19. März 4 h 48′ Nachmittag.

Gleiche Arbeitsleistung. Puls 108 vor, 120 nach dem Versuche.
Kohlensäureausscheidung: 23,41 g.

Versuch XI.

25. März 5 h 50′ Nachmittag.

Gleiche Versuchsbedingungen.
Kohlensäureausscheidung: 23,89 g.

Haueter war während der ganzen Zeit dieser ersten Versuchsreihe im Inselspitale geblieben, wo er eine sehr regelmässige und ruhige Lebensweise hatte. Es wurde jetzt versucht, ihn einer leichten Steigübung zu unterziehen, wodurch er seine Beinmusculatur hauptsächlich zu kräftigen vermöchte. Zu diesem Zwecke machte er zuerst am 1. April die Besteigung des Gurten[1]) vom Spital aus. Er kam ziemlich müde zurück. Am 3. April stieg er dreimal hintereinander eine ungefähr 30 m hohe Treppe, wonach er erhebliche Müdigkeit in der Wadenmusculatur spürte. Am 4., 5., 6., 8., 10. April wurden ähnliche Uebungen gemacht, mit allmählicher Steigerung der Arbeitsleistung. Dieselbe war ihm zuletzt bedeutend leichter geworden. Es ist zu bemerken, dass während dieser Steigübung H. nicht an Gewicht zunahm, wie es in den letzten Ruhewochen der Fall war; er fühlte sich aber kräftiger.

1) Der Gipfel dieses Berges erhebt sich etwa 500 m über Bern.

Versuch XII.

10. April 5 h 48′ Nachm.

H. athmete 10′ lang in den Apparat, während er ruhig stand. Athmungsfrequenz 12 pro 1′, Puls 100.

Kohlensäureausscheidung: 12,90 g.

Versuch XIII.

10. April 6 h 35′ Nachm.

H. athmete 10′ lang in den Apparat, indem er, wie in den vorigen Arbeitsversuchen beim Treten auf der Tretmaschine eine Arbeitsleistung von 2250 kgm ausführte. Er fühlte sich nach dem Versuche bedeutend weniger müde als früher und schwitzte fast gar nicht; der Puls stieg von 90 auf 96.

Kohlensäureausscheidung: 19,76 g.

Haueter verliess hierauf das Inselspital und blieb zuerst einige Wochen zu Hause auf dem Lande, dann nahm er seine Beschäftigung als Schreiner wieder auf. Er kam am 10. Juli nach Bern, um einen letzten Versuch zu machen. Er sah damals sehr wohl aus und fühlte sich sogar kräftiger als vor seiner Krankheit. Er wog 63,5 kg.

Versuch XIV.

10. Juli 2 h 54′ Nachm.

Puls 84, Athmung 16. H. athmete 10′ ruhig stehend in den Apparat.

Kohlensäureausscheidung: 8,20 g.

Versuch XV.

10. Juli 3 h 25′ Nachm.

H. athmete wie in den vorigen Versuchen bei der gewöhnlichen Arbeitsleistung von 2250 kgm. Dieselbe kam ihm sehr leicht vor; die Tretbewegungen wurden kräftig und ohne Zeichen von Anstrengung ausgeführt. Die Pulsfrequenz stieg von 60 auf 104.

Kohlensäureausscheidung: 13,30 g.

Ein Vergleich dieser Resultate zeigt, dass die Verminderung der Kohlensäureausscheidung während der ersten drei Wochen eine relativ geringe ist. Die Mehrausscheidung war beim ersten Versuche (am 4. März) 1 g Kohlensäure pro 182,7 kgm, am 25. März 1 g pro 227 kgm. Dagegen am 10. April nach den Steigübungen, welche mehr im Sinne der allgemeinen Stärkung wirkten als im Sinne der wirklichen Trainirung, wie sie z. B. bei Schneider ausgeführt wurde, ist die Verminderung eine grössere: die Mehrausscheidung beträgt 1 g CO_2 pro 327,8 kgm. Endlich am 10. Juli

nach vollständiger Erholung und bei gewöhnlicher Lebensweise sinkt die Mehrausscheidung auf den Werth von 1 g Kohlensäure pro 441 kgm. Bemerkenswerth ist auch, dass die Kohlensäureausscheidung während der Ruhe, die am Anfang durchschnittlich 1,35 g pro 1' betrug, zuletzt auf 0,82 g gesunken ist.

Zum Vergleiche mit dem Reconvalescenten diente eine gesunde Person: Hochstrasser, ein 19 Jahre alter Schreinerlehrling in der hiesigen Lehrwerkstätte. Er wog 64,5 kg und war nicht sehr kräftig gebaut. Er arbeitete den ganzen Tag, meistens stehend, in der Werkstätte, ohne die Beinmusculatur sonst besonders in Anspruch zu nehmen. Seine Nahrung bestand hauptsächlich aus Amylaceen, selten aus Fleisch und war jedenfalls nicht so kräftig, wie die Spitalkost von Haueter. Ausserdem machte er seine Versuche nach der Arbeit um 6 Uhr Abends in schon ermüdetem Zustande, während Haueter immer frisch vom Spitale zum Versuche kam. Die Versuche wurden sonst unter den gleichen Bedingungen wie an Haueter vorgenommen.

Versuch I.

27. März 6 h 35' Nachm.

Hochstrasser athmete 10' lang ruhig sitzend in den Absorptionsapparat.
Kohlensäureausscheidung: 10,06 g.

Versuch II.

28. März 6 h 47' Nachm.

Hochstr. athmete 10' lang in den Apparat, indem er auf der Tretmaschine das 50 kg schwere Gewicht 30 mal während 1' in die Höhe hob. Er schwitzte ziemlich viel und fühlte sich recht müde; er klagte auch über Schmerzen in der Waden- und Oberschenkelmusculatur. Der Puls war von 90 auf 150 gestiegen.
Kohlensäureausscheidung: 19,79 g.

Versuch III.

30. März 6 h 37' Nachm.

Gleiche Bedingungen wie im vorigen Versuche. Hochstr. schwitzte etwas weniger. Puls von 96 auf 144 gestiegen.
Kohlensäureausscheidung: 19,79 g.

Versuch IV.

1. April 6 h 39' Nachm.

Gleiche Bedingungen. Hochstr. merkt, dass die Arbeit ihm etwas leichter geworden ist. Puls von 90 auf 138 gestiegen.
Kohlensäureausscheidung: 17,92 g.

Diese kleine Versuchsreihe zeigt bei Hochstrasser eine kleinere Kohlensäureausscheidung während der Ruhe: 1,006 g pro 1', als bei Haueter (1,35 g am Anfange der Versuche). Die Mehrausscheidung beträgt im günstigsten Falle 1 g CO_2 pro 286,25 kgm, was den Werthen von Haueter am Ende des ersten Monats (327) ziemlich nahe kommt.

Es ist wahrscheinlich, dass durch allmähliche Trainirung eine beträchtliche Verminderung der Kohlensäureausscheidung hätte erlangt werden können; leider hat sich Hochstrasser durch Abreise weiteren Versuchen entzogen.

Die beiliegende Tabelle (S. 316 und 317) zeigt übersichtlich die Resultate der ganzen Versuchsreihe, und ich habe mir erlaubt, zum vollständigeren Vergleiche Dr. Gruber's Versuche mit den meinigen zusammenzustellen. Es ist daraus zu ersehen, dass meine Resultate die seinigen vollkommen bestätigen, — dass nämlich Uebung die Kohlensäureausscheidung in beträchtlichem Maasse vermindert. Die Grösse der Ersparniss ist individuell verschieden. Gruber und Jenni haben weniger erspart als Schneider, vielleicht weil beim Ersteren die Uebung nur 14 Tage dauerte, während der Zweite schon zum Theil geübt war als die Versuche anfingen.

Zuntz und Lehmann fanden einen Unterschied von 25% in dem Sauerstoffverbrauch pro Wegmeter eines im Trabe und im Schritte gehenden Pferdes. Bei meinen Versuchen ist mir vermehrte Kohlensäureproduction mit beschleunigter Arbeit nicht aufgefallen. Freilich änderten sich bei mir die Geschwindigkeiten nur in sehr engen Grenzen. So zeigen die an Schneider angestellten Versuche am 16. Mai und 22. Mai die gleiche Arbeit in 11' und 14¼', während die Ausscheidung bei schnellerem Treten um 15% vermindert war. Freilich habe ich diese Frage nicht speciell bearbeitet.

Ein Vergleich der Ruheausscheidung bei den sechs Individuen zeigt beträchtliche Unterschiede in der Kohlensäureausgabe pro 1 kg Körpergewicht. — Jenni von 52,8 kg Gewicht gab 0,69—0,72 g per 1', d. h. 0,013—0,0136 g per Kilo.

Schneider, von 63,78—65,2 kg Körpergewicht, gab 0,90 bis 0,88 g per 1', d. h. 0,0141—0,0135 g per Kilo.

Egger, von 23,6—32,75 kg Gewicht, gab 0,59—0,56 g per 1', d. h. 0,025—0,0173 per Kilo.

Haueter, von 62 kg Körpergewicht, gab 0,0217 — 0,0132 per Kilo.

Hochstrasser, von 64,5 kg Gewicht, gab 0,0155 g pro Kilo.

Gruber, von 73 kg Gewicht, gab 0,485 g Kohlensäure per 1', d. h. 0,0066 per Kilo und 1'.

Jenni und Schneider geben also ungefähr dieselbe Menge Kohlensäure wie Haueter nach vollständiger Erholung, und der Unterschied fällt zu Gunsten des jüngeren und kleineren Jenni aus, dagegen gab Gruber, der viel schwerer war, relativ weniger CO_2 aus als seine Nachfolger.

Geppert[1]) und Löwy[2]) u. A. haben Aehnliches in Bezug auf den Sauerstoffverbrauch bemerkt. Diese Autoren haben auch, gleich früheren, einen grösseren Stoffwechsel bei jüngeren als bei älteren Individuen beobachtet, aber der sehr beträchtliche Mehrwerth, den ich bei Egger fand, im Vergleiche mit den anderen Versuchspersonen, übertrifft bei weitem die Löwy'schen Resultate. Löwy bezeichnet (a. a. O. S. 211) als grössten von ihm gefundenen Sauerstoffverbrauch 5,36 ccm pro Kilo und Minute. Dem entsprächen gemäss seinem Versuchsprotokoll 4,905 ccm ausgeschiedene Kohlensäure. Egger gab 12,7 ccm ab bald nach seiner Genesung und 8,7 ccm 1 Monat später. Es wäre vielleicht die anfänglich ungemein hohe Kohlensäureausscheidung derart zu erklären, dass nach der erschöpfenden Krankheit auch das Stehen für den Reconvalescenten eine Arbeit war, welche seinen Stoffwechsel erheblich steigerte. Aber auch nach vollkommener Wiederherstellung seiner Körperkräfte, bei blühendem Aussehen, war die Kohlensäureausscheidung noch auffallend hoch.

---

1) Ueber die Einwirkung des Alkohols etc. Archiv f. Path. Bd. 22.

2) Ueber den Einfluss d. Abkühlung auf d. Gaswechsel des Menschen Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 46.

Zusammenstellung der Resultate.

No. des Versuchs	Art der Arbeit	Dauer des Versuches	Arbeit	Ausgeschied. Kohlensäure während der gesammten Arbeit	Während der Ruhe ausgeschied. CO_2-Menge pro 1′	Der Arbeit zugeschrieb. CO_2-Mge.	Mehrausscheidung während der Arbeit	Bemerkungen
		Minute	kgm	g	g	g	g CO_2 pro kgm	
M. Gruber I	Steigen	20	5892	40,482	0,485	30,776	1 191,44	ungeübt
II	»	20	6075	32,216	0,485	22,357	1 271,72	nach 14 tägiger Uebung
Jenni I	Tretrad mit »Vogel«	19	2117	23,10	0,705	9,705	1 218,13	ungeübt, mit vieler Mühe
II	»	15	2634,5	20,98	0,705	10,405	1 253,18	nach 2 Monat. dauernd. Uebung
Schneider I	»	14	2634,5	23,26	0,89	10,80	1 243,93	ungeübt
II	»	17 45″	2634,5	25,01	0,89	9,227	1 285,52	nach 6 tägiger Uebung
III	»	15	2634,5	20,89	0,89	7,54	1 349,40	nach 55 tägiger Uebung
IV	Tretrad mit Gewicht	15	3461,6	27,47	0,89	11,45	1 302,76	
V	»	15 30″	3461,6	22,35	0,89	8,56	1 404,89	nach 47 tägiger Uebung
Egger I	Gehen	10 15″	—	10,45	0,58	4,505	—	
II	»	11	—	10,07	0,58	3,69	—	nach einer Woche Minderausscheidung von 18 % CO_2
III	»	11	—	9,16	0,58	2,78	—	nach einem Monate Minderausscheidung von 39 % CO_2
IV	Steigen	10	1063	10,74	0,58	4,94	1 215,18	
V	»	9 30″	1188	9,39	0,58	3,88	1 306,18	nach 18 Tagen Minderausscheidung von 30 % CO_2

Haueter I	Treten	10	1500	21,71	1,35	8,21	1	182,70	
II	»	10	1500	19,54	1,35	6,04	1	248,34	nach 2 Tagen
III	»	10	2250	22,47	1,35	8,95	1	253,74	» 10 »
IV	»	10	2250	22,92	1,35	9,42	1	238,85	» 12 »
V	»	10	2250	24,17	1,35	10,67	1	210,87	» 14 »
VI	»	10	2250	23,41	1,35	9,91	1	227,04	» 15 »
VII	»	10	2250	23,39	1,35	9,89	1	227,50	» 21 »
VIII	»	10	2250	19,76	1,29	6,86	1	327,81	» Steigübung. (1 Woche lang)
IX	»	10	2250	13,80	0,82	5,10	1	441,17	» vollständiger Wiederherstellung der Kräfte (2½ Monate später)
Hochstrasser I	»	10	2250	19,79	1,006	9,73	1	231,24	ungeübt
II	»	10	2250	19,79	1,006	9,73	1	231,24	nach 2 Tagen
III	»	10	2250	17,92	1,006	7,86	1	286,25	» 4 »

Vergleiche der Arbeitsausscheidungen zwischen Gruber und meinen Versuchspersonen anzustellen, ist wohl nicht zulässig, wegen der verschiedenen Arbeitsarten. Die Leistungen von Gruber und Egger sind indessen gut vergleichbar, indem beide, Treppen ersteigend, ihr Körpergewicht auf eine bestimmte Höhe hoben. Pro 100 kgm Arbeit findet man bei Gruber 0,527—0,382 g CO_2, bei Egger 0,455—0,342, Jenni 0,458—0,400, Schneider 0,408 bis 0,347—0,283 und bei starker Belastung 0,327—0,297—0,245 g CO_2. Haueter 0,547—0,236, Hochstrasser 0,432—0,349 g CO_2.

Meine Versuche an Reconvalescenten gestatten, wie ich glaube, den sicheren Schluss, dass die Erholung nach schwächenden Krankheiten ähnlichen Effect hat, wie die Trainirung bei Gesunden.

Bei den Reconvalescenten zeigte sich die Stoffersparniss auch bei der auf die Einheit des Körpergewichtes berechneten Ruheausscheidung, während die Uebung beim Gesunden die in der Ruhe ausgeathmete Kohlensäure nicht verminderte. Diese Thatsache ist dadurch zu erklären, dass beim noch erschöpften Reconvalescenten auch diejenigen Bewegungen der Organe, welche den vegetativen Functionen dienen (wie Athmung und Herzschlag) angestrengt arbeiten und erst mit der Kräftigung des Reconvalescenten mühelos fungiren, wie bei normalen Individuen, deren beständig thätige Muskeln immer trainirt sind.

Aus den im Laufe dieser Arbeit beschriebenen Versuchen kann man folgende Schlüsse ziehen:

1. Der durch Kohlensäureausscheidung gemessene Stoffumsatz wird während der Arbeit vermehrt, aber dieser Zuwachs wird durch Uebung vermindert.

2. Im gleichen Sinne wie die Uebung wirkt die allgemeine Stärkung. Hierdurch ist bewiesen, dass nicht allein deshalb sparsamer gearbeitet wird, weil der Geübte Mitbewegungen ausschliesst, sondern dass die Grösse der Anstrengung, nicht aber die Grösse der Leistung, den Stoffumsatz bedingt.

3. Beim normalen Individuum sind die unwillkürlich thätigen Muskeln stets im Zustande der Trainirung, beim geschwächten

Reconvalescenten arbeiten auch diese mit abnormer Anstrengung, selbst während der sogenannten Ruhe.

Es bleibt mir die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Kronecker für die Unterstützung durch Rath und That, welche er mir bei der Anfertigung dieser Arbeit so reichlich gewährt hat, auf das Wärmste zu danken.

Der Nahrungsbedarf von Kindern verschiedenen Lebensalters.

Eine Entgegnung an die Herren Klas Sondén und Robert Tigerstedt

Von

Dr. W. Camerer.

Im 6. Bande des skandinavischen Archives für Physiologie veröffentlichen die Genannten »Untersuchungen über die Respiration und den Gesamtstoffwechsel des Menschen.« Auf Seite 218 fassen sie das Ergebniss derselben für das Kindesalter an hervorragender Stelle in folgende Worte zusammen: »Aus allen diesen Versuchen geht also mit der grössten Bestimmtheit hervor, dass das Lebensalter und ganz besonders die Zeit des Wachsthums an und für sich einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Grösse des Stoffwechsels ausübt und zwar so, dass sie pro Einheit der Körperoberfläche bei jugendlichen Individuen grösser ist als bei älteren.« Nunmehr befassen sie sich mit meinen Untersuchungen über den Stoffwechsel des Kindes in folgenden Worten: »Neuerdings hat Camerer den Satz ausgesprochen, dass der Nahrungsbedarf in jedem Alter im Grossen und Ganzen proportional der absoluten Grösse der Körperoberfläche ist. . . . Sehen wir aber nach, was seine eigenen Tabellen darthun, so werden wir finden, dass sie im Gegentheil vom 2. Lebensjahr an mit unsern Ergebnissen ausserordentlich gut übereinstimmen.«

Wer dies liest, ohne meine Arbeiten zu kennen, wird der Meinung werden, ich sei nicht im Stande, meine eigenen Tabellen logisch richtig in Worten darzustellen. In der ersten

dieser Arbeiten, einem Vortrag auf der Naturforscherversammlung zu Heidelberg 1889 (abgedruckt in den Verhandlungen der Gesellschaft für Kinderheilkunde S. 116 ff. Dresden 1890) findet der Leser das, was Sondén und Tigerstedt als Resultat ihrer Versuche mittheilen, durch Tabelle, Wort und Bild deutlich genug geschildert. Ich habe mich allerdings schon in der ersten Arbeit, noch mehr in der zweiten, einer Monographie »über den Stoffwechsel des Kindes« (Laupp'scher Verlag, Tübingen 1894) mit einer solchen Darstellung nicht begnügt. »Lebensalter und Zeit des Wachsthums an sich« können doch keinen Einfluss auf die Grösse des Stoffwechsels ausüben, sondern körperliche Zustände und Vorgänge, welche dem jeweiligen Lebensalter eigenthümlich sind. Ich finde es sonderbar, wenn diejenigen, welche sich mit einer Statistik ihrer Versuchsresultate begnügen — und weiter sind Sondén und Tigerstedt ja nicht gegangen — einen andern angreifen, welcher zur Erkenntnis des Causalzusammenhanges vorzudringen sucht, was doch eigentlich das Ziel aller Naturforschung ist. Als Momente, welche auf die Grösse des Stoffwechsels Einfluss haben müssen (beim Kinde sowohl als beim Erwachsenen), sind folgende wohl bekannt: Die Grösse der Oberfläche, der Muskelthätigkeit, der Verdauung und es galt zunächst, ihren Einfluss für die verschiedenen Altersperioden abzuwägen. Beim heranwachsenden Kind war noch der Einfluss des Wachsthumsprozesses zu prüfen, über welchen bisher allerhand unklare Vorstellungen bestanden. Diesen Einfluss durch Versuche und theoretische Erwägung klar gelegt zu haben, rechne ich mir zum besonderen Verdienst an.

Bevor ich in eine erneute sachliche Prüfung der Verhältnisse auf Grundlage des grössern, nunmehr vorliegenden Versuchsmaterials eintrete, sei daran erinnert, dass vor mir schon Rubner sich über den Einfluss der Körperoberfläche in ähnlichem Sinne ausgesprochen hat (siehe z. B. Zeitschrift für Biologie 1885 S. 396) wie ich, gestützt auf seine Versuche an Hunden und Meerschweinen, auf seine thermochemischen Untersuchungen, endlich seine Berechnungen der Energieausgaben

des Menschen in verschiedenem Alter nach der ihm bekannten Ernährungsstatistik. Vor Rubner hat Vierordt versucht, die Abhängigkeit des Energieverlustes von der Körperoberfläche zu ermitteln. Eine Frucht dieser Bemühungen ist die Formel, nach welcher auch Sondén und Tigerstedt aus dem Körpergewicht die Körperoberfläche berechnen und welche sie die Formel von Meeh nennen. Besser würde sie, wie ich schon mehrmals auf Grundlage meiner persönlichen Erfahrung mitgetheilt habe, die Formel von Vierordt-Meeh genannt, denn letzterer war als Studiosus im 5. oder 6. Semester ein immerhin bescheidener Mitarbeiter Vierordt's.

Sondén und Tigerstedt haben in einem neu erbauten Respirationsapparat von der Grösse eines mittleren Zimmers die Kohlensäureausscheidung vieler Personen gemessen. Bei den Versuchen mit Schulkindern, welche zunächst in Betracht kommen, waren die Bedingungen folgende: Es waren gleichzeitig mehrere, meist 6 Kinder, 2 Stunden lang im Apparate, sie sassen ruhig und hatten ca. 2 Stunden vor Beginn des Versuchs eine grössere Mahlzeit verzehrt. — Es waren also die Versuchsbedingungen und auch die Resultate ziemlich ähnlich wie bei der Untersuchung, welche Forster seinerzeit unter Benützung des Münchener Apparates an Schulkindern angestellt hat. — Sondén und Tigerstedt haben auch einige Gruppen von Erwachsenen unter denselben Versuchsbedingungen wie die Kinder beigezogen, ich werde die Befunde bei diesen, soweit nöthig, ebenfalls hier mittheilen.

Wohl sind in Tabelle I (siehe Seite 4) die Procentwerthe für das Kindesalter bei beiden Geschlechtern fast doppelt so gross, wie für das späte Mannesalter, aber dieselben sind beim Knaben vom 8. bis 14. ja fast bis 17. Jahre constant, beim Mädchen zeigen sie vom 10. bis 15. Jahre nur eine sehr mässige Abnahme. Eine sonderbare Erscheinung, wenn »Lebensalter und Zeit des Wachsthums an und für sich« einen Einfluss auf den Stoffwechsel ausüben![1]) Nimmt man, wie sonst üblich,

[1]) Die zweite grosse Wachsthumsperiode der Kinder, welche hier in Betracht kommt, ist beim Knaben vom 14. bis 18. Jahr, beim Mädchen vom

Tabelle I. CO_2 im Kindesalter nach Sondén und Tigerstedt.

männlich				weiblich			
Alter	Körpergewicht in kg	CO_2 für 1 Stunde und 1 qm Körperoberfläche.	CO_2 in Procentwerthen; der relative Werth des späten Mannesalters = 100 gesetzt.	Alter	Körpergewicht in kg	CO_2 für 1 Stunde und 1 qm Körperoberfläche.	CO_2 in Procentwerthen; der relative Werth des späten Mannesalters = 100 gesetzt.
Jahre				Jahre			
8	20,1	26,3	184	8	21,8	26,6	211
9½	27,5	29,9	210	10	26,6	20,8	164
10½	30,2	28,2	198	11	31,0	21,7	172
11½	31,6	27,5	193	12	36,2	20,1	159
12½	34,1	26,5	186	13	39,5	18,5	146
14	44,5	27,6	194	14	44,3	18,2	144
14½	45,3	26,6	187	15	48,6	16,0	126
15½	51,4	23,5	165	15½	49,9	18,3	145
17	55,5	24,2	170	17¾	53,9	14,6	117
19½	59,5	21,8	153	30	53,9	16,3	129
ca. 25	67,5	18,5	130	65	66,9	12,6	100
57½	84,6	14,2	100				

das kräftigste Alter als Norm, also unter den Fällen der Tabelle I bei Männern das 25., bei Frauen das 30. Jahr (17¾ kann, wie später erörtert werden wird, beim Weib nicht als Norm benützt werden), setzt man also die relative Kohlensäureausscheidung dieses Alters = 100, so ergeben sich für die Altersperioden folgende Zahlen:

Knabe	Mädchen		beide Geschlechter	
8. bis 17. Jahr.	8 Jahr	10—15½.	frühes Mannesalter	spätes Mannesalter
144	163	117	100	77

Man kann die »Grösse des Stoffwechsels« bekanntlich innerhalb gewisser Fehlergrenzen[1]) aus der 24stündigen Kohlensäureausscheidung berechnen; es fragt sich, ob 2stündige Versuche unter den hier vorliegenden Bedingungen — Stillsitzen und Verdauung — auch zu solcher Berechnung benützt werden können.

Es liegen Versuche von Rubner vor, welche hierüber einen gewissen Aufschluss geben. In den »biologischen Gesetzen«

11. bis 15. Jahr. Vom 8. bis 10. Jahr ist Gewichts- und Längenwachsthum bei beiden Geschlechtern sehr mässig.

[1]) 100 g CO_2 entsprechen 250, 280, 330 Calorien, je nachdem Kohlenhydrate, Eiweiss oder Fett im Körper zersetzt wurde.

(Marburg 1887) berichtet er über die Kohlensäureausscheidung von Meerschweinen, welche immer ruhend, theils hungernd, theils verdauend, bei verschiedenen Lufttemperaturen des Respirationsapparates beobachtet wurden. — Die Körperoberfläche berechnete auch Rubner nach der Formel von Vierordt-Meeh, nachdem er für das Meerschwein eine besondere Constante ermittelt hatte.

Tabelle II. CO_2 von Meerschweinen nach Rubner.

hungernd			verdauend		
Gewicht der Thiere in g	CO_2 auf 1 qm Körperoberfläche in g		Gewicht der Thiere in g	CO_2 auf 1 qm Körperoberfläche	
	I. bei 0° Lufttemperatur.	II. bei 30°		III. bei 0°	IV. bei 30°
206	31,6	13,2	221	30,6	18,9
223	30,5	12,1	240	34,1	17,7
568	30,3	10,5	520	29,1	16,2
617	27,8	12,3	670	29,5	14,1

Anmerkung: 1. Die kleinen Thiere waren nach einer gelegentlichen Notiz Rubner's noch nicht ausgewachsen. 2. Bei den kleinen Thieren war in Versuch IV die CO_2 schon bei 25° dieselbe wie bei 30°; bei den grossen Thieren um ein wenig kleiner.

Setzt man für die relativen CO_2-Werthe des schwersten Thieres jeweils 100 und rechnet die übrigen Werthe entsprechend um, so bekommt man folgende Zusammenstellung:

I	II	III	IV
114	107	104	134
110	98	115	125
109	85	98	115
100	100	100	100

Um ein wenig sind also die Procentwerthe der Kohlensäure auch in I, II, III beim kleinern und jüngern Thier grösser, als beim schwereren erwachsenen, aber erst unter den Versuchsbedingungen von IV ist eine sichere und belangreiche Steigerung derselben für das kleinere Thier zu bemerken. Rubner sieht hierin, gewiss mit Recht, den Einfluss der Verdauung, welcher unter den gegebenen Bedingungen sich ungewöhnlich stark geltend macht. Ruhend und verdauend waren auch die Versuchspersonen der Tabelle I, die Lufttemperatur des Apparates betrug

bei diesen Versuchen gewöhnlich 18°—21°, zuweilen sogar noch mehr, was für den bekleideten Menschen bekanntlich ungefähr dasselbe bedeutet, wie für die Thiere die höhere Lufttemperatur von 25°—30°. Ob beim frei lebenden Menschen der Einfluss der Verdauung in gleicher Weise zur Geltung kommt, wie unter solchen Versuchsbedingungen, ist mehr als zweifelhaft. Eine grosse Rolle spielt beim frei Lebenden vielmehr die Muskelaktion, eine bescheidene, unter Umständen ganz zurücktretende, die Verdauung.

Sondén und Tigerstedt haben auch eine Anzahl von Versuchen angestellt, bei welchen die zu Untersuchenden volle 24 Stunden im Apparate verweilten, darin assen, schliefen und sich auf gewöhnliche Weise beschäftigten. Es sind 8 Versuchstage bei gewöhnlicher Kost vorhanden, woran 2 Knaben, am Beginn und Ende des 12. Lebensjahres, 3 Männer im 20.—30. Lebensjahr, 3 Greise, nämlich 2 Männer von 68 und 79 Jahren und eine Frau von 84 Jahren betheiligt waren, ferner 5 Versuchstage mit 5 hungernden Männern. Ausser der Kohlensäure wurde auch der Urinstickstoff bestimmt. Um aus diesen Ermittlungen auf die Energieabgabe zu schliessen, musste geschätzt werden, wieviel CO_2 aus Verbrennung von Fett, wieviel aus Verbrennung von Kohlenhydraten stammte. Man nahm für Knaben und Männer 36 bis 37% der Calorien aus Fett, 42% von Kohlehydraten, bei den Greisen 39% von Fett, 45% von Kohlehydraten, den Rest von Eiweiss an. Bei meinen Versuchen mit Kindern entstammten durchschnittlich nur 23% der Calorien dem Fett, 60% den Kohlehydraten und ähnlich sind die Zahlen von Rubner für den Erwachsenen; die Kost bei Sondén und Tigerstedt war also fettreicher als bei uns üblich ist.

Ich gebe in folgender Tabelle III (siehe Seite 7) nur die Mittelwerthe für die verschiedenen Altersklassen.

Auch hier sind die Resultate ähnlich wie in Tabelle I, doch sind die Ausschläge für den Knaben und den Greis merklich kleiner. Bei Beurtheilung dieser Tabelle muss aber — neben dem Umstand, dass die Zahl der Versuche eine kleine ist und zufällige Einflüsse vielleicht nicht genügend sich ausgleichen —

Tabelle III. 24stündige CO_2 nach Sondén und Tigerstedt.

		Körpergewicht in kg	Oberfläche in qm	CO_2 auf 24 Std. und 1 qm	Calorien auf 24 Std. und 1 qm	Procentwerthe der relativ. CO_2 und Calorien
gemischte Kost	Knabe	35,17	1,38	460	1322	130
	Mann	67,76	2,10	353	1016	100
	Greis	62,30	1,97	322	924	91
Hunger	Mann	68,84	2,12	349	998	98

folgender Befund berücksichtigt werden. Die beiden Knaben haben die gleichen Kohlensäurewerthe geliefert, wie ich sie für den frei lebenden Knaben dieses Alters (Körpergewicht 34 kg) aus meinen Versuchen zu berechnen hatte: es kommt auf 1 kg Körpergewicht bei Sondén und Tigerstedt 18,07 g CO_2, bei mir 17,97 g CO_2 für 24 Stunden. Dagegen sind Kohlensäure- und Energiewerthe der Männer, sowohl bei Nahrungszufuhr als Hunger, erheblich kleiner, als sie von Rubner für frei lebende Männer ohne Verrichtung von Arbeit berechnet wurden. Kleiner sind auch die Werthe von Sondén und Tigerstedt für den Greis, als die von Rubner, doch mag dies daraus erklärt werden, dass die Versuchspersonen von Sonden und Tigerstedt in sehr hohem Alter standen. Es scheint aber, dass die eigenthümlichen Versuchsverhältnisse — 24stündiger Zimmerarrest — anders auf die Knaben als auf die Erwachsenen eingewirkt haben. Sondén und Tigerstedt legen Gewicht darauf, dass der Ausschlag für den Knaben auch während des Schlafes hervorgetreten sei. Aber der Schlaf wird durch die äusseren Verhältnisse ebenfalls beeinflusst.

Bei meinen eigenen Versuchen bemühte ich mich, alle Verhältnisse denen des gewöhnlichen Lebens möglichst gleich zu machen. Nahrung, Urin, Koth wurden gewogen und analysiert, Perspiratio insensibilis und Aenderungen des Körpergewichtes wurden bestimmt. Es stehen im Ganzen 594 Versuchstage für meine Kinder zu Gebot. Die Berechnung der Kohlensäure- und Calorienabgabe lieferte folgende Werthe:

Tabelle IV. 24stündige Abgabe von Kohlensäure und Calorien nach Camerer.

Knaben					Mädchen				
Alter	Körpergewicht in kg	24stünd. CO_2 auf 1 qm	24stünd. Cal. auf 1 qm.	Procentwerthe der relat. Calorien	Alter	Körpergewicht in kg	24stünd. CO_2 auf 1 qm	24stünd. Cal. auf 1 qm	Procentwerthe der relat. Calorien
Jahr					Jahr				
—	—	—	—	—	2.—4.	12,7	521	1470	130
5.—6.	18,0	593	1680	140	5.—7.	16,6	531	1460	127
7.—10.	24,0	532	1440	120	8.—10.	22,3	521	1390	120
11.—14.	34,0	474	1250	104	11.—14.	31,9	516	1330	116
15.—16	52,8	472	1220	101	15.—18.	41,0	347	930	81
17.—18.	59,4	454	1200	100	21.—24.	44,5	428	1150	100

Auch in dieser Tabelle sind die Resultate ähnlich wie in I und III und die allmählige Abnahme der Prozentwerthe, welche in Tabelle I zu vermissen war, ist hier gut bemerklich. Fasst man jedoch nur die Zeit vom 8. bis 20. Jahr ins Auge, so sind die Ausschläge zu Gunsten der jüngeren Kinder noch kleiner, als in Tabelle III, und sie werden für den Knaben noch etwas kleiner, wenn man die Werthe Rubners für den frei lebenden erwachsenen Mann als Norm zu Grunde legt.

Zur Beurtheilung der Tabelle III ist aber Folgendes zu erwägen: 1. Das 5. bis 6. Jahr des Knaben ist nur mit 8 Versuchstagen besetzt (die geringste Zahl, bei den übrigen Altersklassen stehen für jedes Geschlecht mindestens 25 Versuchstage zu Gebot). Die Resultate sind also hier nicht sehr zuverlässig. 2. Um die Nahrung analysiren zu können, musste ich sie immerhin etwas anders einrichten, als bei ganz freiem Leben, ich musste auch den Kindern überlassen, von allen Speisen zu nehmen, so viel sie wollten, während sie ohne Versuche von vielen Speisen ihre Portion zugetheilt erhalten. Ich (und seiner Zeit auch Vierordt) hatten den Verdacht, dass die jüngeren Kinder während der Versuche manchmal sozusagen in die Wette assen und mehr zuführten als gewöhnlich und als nöthig war. Den ältern Kindern dagegen wurde die immerhin etwas monotone Kost schliesslich ziemlich entleidet. Es mag

sein, dass die verhältnissmässig grosse CO_2- und Calorienausscheidung auch bei mir wenigstens zum Theil eine Folge der Versuchsmethode, ein Kunstprodukt ist. 3. Sollte dieser Verdacht nicht begründet sein, so kommt jedenfalls in Betracht, dass sich die jüngeren Kinder viel mehr Körperbewegung machen als die ältern. Der Unterricht macht ja mit zunehmendem Alter immer mehr Ansprüche an Kinder höherer Stände, dieselben verbringen immer mehr Zeit mit Lesen u. s. w. Man hat es hier nicht eigentlich mit einem physiologischen, sondern einem socialen Einfluss zu thun, welcher in gegenwärtiger Zeit wohl stärker zur Geltung kommt, als wünschenswerth ist und den natürlichen Verhältnissen entspricht. — Ein socialer Einfluss von entgegengesetzter Richtung würde sich wohl während der militärischen Dienstzeit bei jungen Männern höherer Stände nachweisen lassen.

Von den Energieabgaben, welche nach meinen Berechnungen im ersten Lebensjahre auf den qm Körperoberfläche kommen, urtheilen Sondén und Tigerstedt, »sie zeigen nach Camerer's Zusammenstellung beträchtliche Schwankungen und gar keinen regelmässigen Verlauf.« Hiegegen muss ich Widerspruch einlegen. Ich berechnete für 1 qm Körperoberfläche und 24 Std. folgende Abgabe von Calorien:

Muttermilch								gemischte Kost
3. Lebenstag	7. Tag	14. Tg.	4. Wch.	7. Wch.	10. Wch.	14. Wch.	20. Wch.	59. Woche
800	900	1020	1190	1420	1380	1330	1270	1390

Die Muttermilchanalysen, welche ich der Berechnung zu Grunde legte, haben sich nachträglich als unrichtig erwiesen. Da unsere neue Untersuchung der Muttermilch (siehe d. Zeitschr. Jahrgang 1896 S. 43) noch nicht abgeschlossen ist, will ich nicht neue, interimistische Zahlen mittheilen, sondern begnüge mich mit der Angabe, dass die neuen Calorienwerthe von der 4. Woche an kleiner werden, weniger differiren, ihr Gang aber derselbe bleibt wie oben. Wird über die 20. Woche hinaus ausschliesslich mit Muttermilch ernährt, so sinken die relativen

Calorien so viel ich aus einigen Beobachtungen[1]) sehen kann, tief herab, bis auf den Werth 900 etwa. Ueber die Ursache, welche den Gang der relativen Calorien beherrscht, kann kein Zweifel bestehen, wenn man aus folgender Zusammenstellung ersieht, wieviel Zufuhr von Milch auf 1 qm und 24 Std. kommt:

14. Lebenstag	4. Woche	7. Woche	10. Woche	14. Woche	20. Woche	40. Woche
1770	1890	2190	2060	2010	1940	1730

Das Wachsthum dagegen nimmt einen andern Verlauf: Die mittlere Grösse des täglichen Zuwachses nimmt, von 30 g im ersten Lebensmonate ausgehend, mit jedem Monat um ca. 2 g ab.

Ganz andere Calorienwerthe erhält man freilich bei den Kindern, welche nach früherer Unsitte stark überfüttert wurden, sei es mit Mehlbrei, sei es mit Kuhmilch allein. Ich hatte folgende Abgabe von Calorien für 24 Stunden auf den Quadratmeter Körperoberfläche zu berechnen:

Milchmehlbrei 7. Woche	condensirte Kuhmilch 4. Monat	Kuhmilch allein	
		40. Woche	52. Woche
2220	1490	1660	1810

Diese Ueberfütterung ist von den Kinderärzten als schädlich oder jedenfalls unnöthig erkannt worden und man sucht dieselbe abzustellen. Für physiologische Zwecke sind die unter so abnormen Verhältnissen erhaltenen Werthe doch kaum verwendbar. — Leider ist die 59. Woche »bei gemischter Kost« nur mit 4 Versuchstagen eines Individuums besetzt und es sind auch diese Resultate unsicher.

Stellt man nach meinen Ermittlungen für das Kindesalter und nach den Berechnungen Rubners für das spätere Alter Mittelwerthe für das ganze menschliche Leben zusammen, so kommt man etwa zu folgendem Resultate:

[1]) Ich beobachtete bei dem Kinde eines Collegen, welches vortrefflich gedieh, bei ausschliesslicher Ernährung an der Brust im 7. Monat eine 24stündige Zufuhr von knapp 800 g Frauenmilch, weitere Beobachtungen fand ich in einer italienischen Arbeit aus dem pädiatrischen Institut zu Florenz von Dr. Enrico Gagnoni.

	Säuglingsalter		Knabenalter		Mannesalter nach Rubner	Greisenalter	
	14 erste Lebenstage	spätere Zeit	vor erlangter Reife	unmittelbar nach erlangter Reife		Greis nach Rubner	hohes Greisenalter nach S. u. T.
Calorienabgabe auf 1 qm Körperoberfläche und 24 Std.	850	1200	1400	1100	1220	1100	920
Procentwerthe der relativen Calorien	70	98	115	90	100	90	75

Ob das Minimum unmittelbar nach erlangter Reife nur bei Mädchen, oder auch, wie wahrscheinlicher, in geringerem Maasse bei Knaben vorkommt, ist ungewiss; bezüglich der Mädchen verweise ich auf Tabelle I 17¾ Jahre und Tabelle III 15. bis 18. Jahr. Nach dem Aufhören der Menstruation scheint mir bei Frauen ebenfalls ein Minimum aufzutreten, doch liegen keine direkten Beobachtungen hierüber vor. Auffallend aber ist eine Neigung zum Fettwerden bei Frauen dieses Alters. Dass die grössten Werthe wahrscheinlich dem Knabenalter vom 2. bis 8. Lebensjahr angehören, wurde schon mehrmals hervorgehoben.

Sucht man sich endlich über die Ursachen Rechenschaft abzulegen, welche den Gang der relativen Calorien während des menschlichen Lebens beeinflussen, so kommen ausser den bisher mitgetheilten Thatsachen auch die bereits erwähnten Versuche von Rubner an ausgewachsenen Hunden verschiedener Grösse in Betracht, ferner sein Versuch an einem erwachsenen Zwerg, welcher bei einem Körpergewicht von 6,1 kg eine 24stündige Abgabe von 1230 Calorien auf den Quadratmeter hatte. Nicht weniger als diese empirischen Befunde ist aber das Energiegesetz zu berücksichtigen, wonach den Oxydationsvorgängen im Körper auch Leistungen von bestimmter Grösse entsprechen müssen. Diese Leistungen sind Wärmeabgabe und Wasserverdunstung, sei es für sich allein, sei es unter Verrichtung von mechanischer Arbeit oder Verdauungsarbeit. Es kann danach auch jetzt nicht der geringste Zweifel darüber bestehen, dass die Grösse der Körperoberfläche für die Grösse der Oxydationsvorgänge und demnach auch für die Grösse der Nahrungszufuhr in erster Linie maassgebend ist. Als Neben-

einflüsse kommen Muskelaktion und Verdauung insoweit in Betracht, als ihre relative Grösse für die einzelnen Altersklassen eigenthümlich und vom allgemeinen Mittel des Menschen specifisch verschieden ist. Nach den Erfahrungen, welche man in neuester Zeit über Veränderung des Stoffwechsels bei Darreichung von Schilddrüse gemacht hat, nach dem was oben über den Einfluss der beginnenden und aufhörenden Menstruation gesagt wurde, mag man auch solchen Drüsen einen gewissen Einfluss auf den Stoffwechsel zuschreiben. Der Einfluss des Wachsthums besteht im Wesentlichen eben darin, dass eine gewisse, in den ersten Lebensmonaten verhältnissmässig grosse, Menge zugeführter Substanz der Zersetzung entzogen wird.

Nach v. Hösslin ist die Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Grösse der Körperoberfläche nur eine scheinbare. Allerdings sind im kleinen Körper auch noch andere Einrichtungen nachweisbar, welche mit der relativen Beschleunigung des Stoffwechsels zusammenhängen. Aber wenn in demselben aus irgend einem Grund lebhaftere Oxydation stattfindet, muss der ganze Apparat darauf eingerichtet sein: reichliche Aufnahme von Sauerstoff, rasche Blutcirkulation, grosse Thätigkeit der verdauenden und ausscheidenden Organe ist nothwendig. Man kann, wenn man will, dieses oder jenes Organ als besonders wichtig hervorheben oder gar »die energischere Zersetzungskraft des jugendlichen Protoplasma«. Rubner hat gezeigt — und es scheint mir dies der wichtigste Punkt — dass es sich nicht sowohl um eine specifische Eigenthümlichkeit des jugendlichen, sondern um eine Eigenthümlichkeit des kleinen Körpers handelt und ich würde bedauern, wenn diese Erkenntniss durch die Arbeit von Sondén und Tigerstedt auch nur vorübergehend verdunkelt würde. Eine andere Auffassung der Stoffwechselvorgänge in verschiedenem Alter, als die von Rubner begründete, wüsste ich mit der Lehre von der Energie nicht zu vereinigen.

Wie misslich es ist, aus kurz dauernden Versuchen unter speciellen Versuchsbedingungen Schlüsse auf die Verhältnisse des frei lebenden Menschen zu ziehen, geht aus einer weitern,

kürzlich veröffentlichten Arbeit »über die Athmungsgrösse der Neugeborenen« hervor. (Pflüger's Archiv Bd. 62 S. 451 u. ff.)

H. v. Recklinghausen beobachtete die Respiration von Kindern vom 2. bis 10. Lebenstag. Dieselben athmeten durch eine Maske, schliefen während des Versuchs, derselbe begann mit ¼ bis ½ Stunde nach dem Säugen; wie lange er dauerte, ist nicht ersichtlich. Die Technik der Versuche war, soweit ich es beurtheilen kann, tadellos. Recklinghausen berechnet darnach, dass auf 3 kg Kind in 24 Stunden eine Sauerstoffaufnahme von 92 g komme.

Das Durchschnittskind am 14. Lebenstage ist 3,5 kg schwer und sollte also eine 24stündige Sauerstoffaufnahme von 108 g haben. Ein solches Kind verzehrt durchschnittlich 500 g Muttermilch und hat einen 24stündigen Anwuchs von 30 g. Es führt, entsprechend dem mittlern Gehalt der Muttermilch in dieser Zeit zu: Eiweiss 7,5 g, Fett 17 g, Lactose 32,5 g und 4 g mehr oder weniger unbekannte Körper, worunter etwa 0,25 Citronensäure und 0,03 Harnstoff und ähnliche Abfallstoffe. Die grösste Menge der unbekannten Körper dürften, nach unseren Untersuchungen, Kohlehydrate, eine Vorstufe der Lactose sein und man begeht keinen in Betracht kommenden Fehler, wenn man sie sämmtlich zur Lactose rechnet, deren Werth sich danach auf 36,5 g erhöhen würde. Die Beschaffenheit des Anwuchses ist nicht genau bekannt, man kann dafür die von Soxhlet für das Kalb dieses Alters ermittelten Werthe einsetzen. Eine gute Ausnützung im Darm vorausgesetzt bleiben zur Zersetzung übrig: 1,5 g Eiweiss, 12,0 g Fett und 36,5 g Kohlehydrate. Diese erfordern 72 g Sauerstoff. Das Kind müsste wenigstens 700 g Muttermilch in 24 Stunden zuführen, um 108 g Sauerstoff zu verbrauchen, eine Nahrungszufuhr, welche nur sehr ausnahmsweise und namentlich von Anstaltskindern, wie sie R. zu Gebot standen, nicht erreicht wird.

Ueber die unterste Grenze des Stickstoffgleichgewichts.

Von

Erwin Voit.

(Aus dem physiologischen Institut der thierärztlichen Hochschule München.)

Nachdem Carl Voit die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe für die Eiweisszersetzung festgestellt hatte, war es von Interesse, über die Grösse dieses Einflusses weiteren Aufschluss zu erhalten.

Korkunoff und ich haben desshalb vor nunmehr 8 Jahren Versuche darüber angestellt, in welcher Weise das physiologische Eiweissminimum von der Qualität und Quantität der Nahrung abhängt. Als physiologisches Eiweissminimum bezeichneten wir diejenige Eiweissmenge, welche ein Thier aufnehmen muss, um seinen Eiweissbedarf eben zu decken. Die Resultate dieser Versuche wurden von mir im Jahre 1889 in der hiesigen morphologisch-physiologischen Gesellschaft mitgetheilt[1]) und sind später ausführlich in dieser Zeitschrift veröffentlicht worden[2]).

Seitdem hat J. Munk unsere Versuche erwähnt, referirt und kritisirt.

Das erste Mal erwähnt er unsere Versuche an einer Stelle[3]), wo er eine fehlerhafte Versuchsanordnung seiner eigenen Arbeiten bespricht, und zwar so, dass jeder, welcher unsere

1) Sitzungsber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. in München, 1889, S. 80.

2) Zeitschr. f. Biol. Bd. 32 S. 58.

3) J. Munk, Nachträge zu den »Beiträgen zur Stoffwechsellehre«. Pflüger's Archiv Bd. 61 S. 607.

Veröffentlichung nicht kennt, den gleichen Fehler auch bei unseren Versuchen vermuthen muss.

J. Munk hat nämlich sechs Stunden vor Beginn der Fütterung des Thieres Knochen gegeben, und fand in Folge dessen die Stickstoffausscheidung des ersten eventuell auch des zweiten Fütterungstages gegenüber den folgenden erhöht, muss sich aber erst von »befreundeter Seite« darauf aufmerksam machen lassen, dass diese Erhöhung sehr wohl von dem aus den gefütterten Knochen resorbirten Osseïn hervorgerufen sein könne. Zu dieser Erkenntniss hätte Munk schon durch die alten im Voit'schen Laboratorium entstandenen Versuche Etzinger's[1]) geführt werden können, welche darthun, dass ein grosser Theil des in den Knochen enthaltenen Osseïns (53%) resorbirt und im Körper zersetzt wird.

Wir haben bei unseren Versuchen bis auf wenige Ausnahmen 3 bis 4 Hungertage zwischen Knochen und Fütterungs-Tag eingeschaltet, und haben stets erst den zweiten resp. dritten Fütterungstag für unsere Berechnungen als maassgebend angesehen.

In einer zweiten Veröffentlichung[2]) greift J. Munk ein Ergebnis unserer Arbeit, das schon Carl Voit bei seinen Versuchen erhalten hatte, an, dass das physiologische Eiweissminimum unter die Grösse des Eiweisszerfalls im Hunger nicht herabsinkt.

J. Munk sagt, wir seien nur mit »Hülfe einer verschlungenen Rechnung« und indem wir »festgestellten Thatsachen und Erfahrungen Zwang angethan« zn dieser Schlussfolgerung gelangt; und zwar geleitet von dem meiner Ansicht nach unlauteren Motive, den eben angeführten, nach seiner Meinung aber unrichtigen Ausspruch Carl Voit's als richtig erscheinen zu lassen.

Ich halte es für unwürdig, gegen eine solche Anschuldigung mich zu vertheidigen. Wer unsere Arbeit liest, wird wohl zur Ueberzeugung gelangen, dass es uns einzig und allein darum zu thun ist, die Wahrheit zu finden. Wir haben die Versuche

1) Etzinger, Zeitschr. f. Biol. Bd. 10 S. 84.

2) J. Munk, »Ueber das zur Erzielung v. Stickstoffgleichgewicht u. s. w.« Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin. Du Bois' Archiv 1896 S. 183.

Carl Voit's besprochen, dabei die Differenzen zwischen seinen und unseren Resultaten hervorgehoben, und auch die Gründe angegeben, wesshalb derselbe zu anderen Werthen gelangt ist. Warum hätten wir gerade in einem einzigen Punkte gegen unsere wissenschaftliche Ueberzeugung ihm Recht geben sollen?

Ich hätte auch zu dieser Veröffentlichung Munk's geschwiegen, zumal er darin eine weitere ausführliche Kritik unserer Versuche den Lesern in Aussicht stellt. Nachdem derselbe aber seine Besprechung sowohl im physiologischen Centralblatt[1]), wie auch im Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften ausführlich referirt und an dieser Stelle seine Angriffe auf unsere Arbeit wiederholt, habe ich mich doch, so unangenehm es mir persönlich ist, zu einer Entgegnung entschlossen, weil ich dabei Gelegenheit habe, auf einige Punkte einzugehen, die von allgemeinem wissenschaftlichen Interesse sind; kann ich doch nicht glauben, dass J. Munk die gleichen Besprechungen an einer weiteren vierten Stelle zur Veröffentlichung bringen wird.

J. Munk sagt, wir seien zu unserem oben erwähnten Satze nur mit Hülfe einer »verschlungenen Rechnung« gelangt und wiederholt diese Anschuldigung in seinen beiden Referaten, ohne irgend welchen Beweis dafür anzuführen.

Nun ist ja eine objective Kritik in einem Referate nicht nur erlaubt, sondern sogar sehr erfreulich, weil der Leser dadurch in den Stand gesetzt wird, über den Werth einer Arbeit sich zu orientiren. Völlig unerlaubt aber ist es meiner Meinung nach, in dem Referate eine Arbeit herabzusetzen, ohne dafür Gründe anzugeben.

Was Munk unter dieser »verschlungenen Rechnung« versteht, kann ich nur vermuthen. Der Zweck unserer Versuche war, diejenige Eiweissmenge festzustellen, mit welcher die unterste Grenze des Stickstoffgleichgewichts erreicht wird. Nun ist es selbstverständlich, dass man hierzu nicht die gesammte Stickstoffausscheidung des Tages heranziehen darf, sondern nur denjenigen Bruchtheil derselben, welcher sich auf das vom Körper zersetzte und abgegebene Eiweiss bezieht. Wir würden

1) Centralbl. f. Phys. Bd. 9 S. 723, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1896 S. 163.

sonst für den gleichen Eiweissbedarf ganz verschiedene Werthe erhalten, je nachdem wir diesen Bedarf durch reines Eiweiss, oder durch Fleisch, oder durch ein anderes N-haltiges Nahrungsmittel, z. B. Kartoffel zu decken versuchten. Da in eiweissartiger Substanz aller Stickstoff in Form von Eiweiss enthalten ist, während im Fleisch nur 87 %, in den Kartoffeln nur etwa 55 % des Gesammtstickstoffs dem Eiweiss angehört, so sind

100 Eiweiss N = 115 Fleisch N = 179 Kartoffelstickstoff

zu setzen, wenn es sich um Herstellung des Eiweissgleichgewichtes handelt. Daraus ergibt sich also ohne Weiteres, dass sich nur dann vergleichbare Zahlen für den Eiweissbedarf aufstellen lassen, wenn man nicht den Gesammtverlust an Stickstoff berücksichtigt, sondern nur denjenigen Bruchtheil, welcher den Eiweissverlust des Körpers anzeigt.

Wir haben desshalb mit Vorbedacht unserm Hunde eine Nahrung gegeben, welche den N nahezu ausschliesslich in Form von eiweissartiger Substanz enthielt, nämlich mit lauwarmem Wasser ausgewaschenes Muskelfleisch. So waren wir berechtigt, den abgegebenen Stickstoff, soweit er von der Nahrung abstammte, nur auf Eiweiss zu beziehen. J. Munk hat, scheint es, die Gründe, welche uns zu dieser Versuchsanordnung geführt haben, nicht verstanden, obgleich wir dieselben in unserer Abhandlung eingehend auseinandergesetzt haben. Sonst hätte er wohl schwerlich in seinem neuen Versuche[1]), auf den ich noch weiter zu sprechen kommen werde, den Stickstoff in einer Form eingeführt, die eine exakte Berechnung des Eiweissverlustes unmöglich macht.

Die von uns erhaltenen absoluten Zahlen für das physiologische Eiweissminimum wollten wir dadurch unter sich vergleichbar machen, dass wir sie auf den Eiweissverlust des Hungerthieres bezogen. Es ist wieder selbstverständlich, dass wir zu einem solchen Vergleiche nicht die Gesammtstickstoffabgabe des Hungertages benutzen durften, sondern nur denjenigen Bruchtheil derselben, welcher von dem Eiweiss allein herrührt. Durch diese Art der Berechnung des Eiweissstickstoffes haben wir unseren Zahlen

1) J. Munk, Verh. d. phys. Ges. zu Berlin. Du Bois' Archiv 1896 S. 183.

eine grössere Genauigkeit gegeben, als sie bisher durch einfachen Vergleich der Gesammtstickstoffabgabe erzielt werden konnte. Und dieses Bestreben, exactere Werthe zu erhalten, nennt J. Munk »verschlungene Rechnung«.

J. Munk glaubt, noch einen zweiten Beobachtungsfehler uns nachweisen zu können. Wir haben in unsern Versuchen als Eiweissverlust den gesammten im Koth enthaltenen Stickstoff in Rechnung gesetzt, und das hält J. Munk für falsch, da ein Theil des Kothstickstoffes jedenfalls von unresorbirten Nahrungsbestandtheilen herrühre. Wir haben in unserer Arbeit zwar nirgends direct ausgesprochen, dass wir allen Kothstickstoff als Abscheidungsproduct des Verdauungschlauches ansehen, weil es, wir wir ausdrücklich (S. 112) hervorgehoben haben, für unsere Betrachtungen ganz gleichgültig ist, auf welche Weise das Eiweiss zu Verlust geht, ob vor oder nach seiner Resorption, ob es unzersetzt oder in Form von Zersetzungsproducten ausgeschieden wird, wenn nur der Verlust bei günstigster Versuchsanordnung, wie es bei unseren Versuchen der Fall war, unvermeidlich ist, und desshalb durch entsprechend grosse Eiweisszufuhr wieder gedeckt werden muss. Eiweissbedarf und Eiweissumsatz sind eben nicht immer identisch. Und würden wir gerade so viel Eiweiss zuführen, als durch den Umsatz allein angezeigt wird, so müsste nach Munk's Vorstellung auch davon wieder ein Bruchtheil unresorbirt bleiben; die resorbirte Menge könnte also den Bedarf des Körpers an Eiweiss nicht mehr decken, und wir bekämen kein Stickstoffgleichgewicht, sondern ein Deficit. Wir haben geglaubt, diese unsere Ueberlegung werde für Jedermann verständlich sein. Also nicht wir, sondern J. Munk macht sich in diesem Punkt eines Betrachtungsfehlers schuldig.

Nun möchte ich aber doch, weil es von allgemeinerer Bedeutung ist, den Nachweis führen, dass bei unserer Versuchsanordnung auch dann der gesammte Kothstickstoff als Eiweissverlust anzusehen ist, wenn man das von dem Organismus selbst abgegebene Eiweiss allein betrachten will, den von der Nahrung direkt herrührenden Kothstickstoff also auszuschliessen hat. Wie

bekannt, bleibt bei einer Reihe von vegetabilischen Nahrungsmitteln ein nicht unbeträchtlicher Theil unresorbirt, und erscheint im Kothe wieder. Der Grund hiefür liegt wohl darin, dass die resorptionsfähigen Nahrungsstoffe in denselben von Cellulosehüllen eingeschlossen sind, so dass diese erst nach Zerstörung der Hüllen unter dem Einflusse der Verdauungssäfte der Lösung zugeführt werden können. Desshalb richtet sich auch z. B. bei Heu- und Strohfütterung die Ausnützung der Gesammtmasse, wie auch der einzelnen Nährstoffe, annähernd nach der Ausnützung der Cellulose selbst. Verschieden davon wird sich wohl ein Material verhalten, welches bei künstlichen Verdauungsversuchen vollständig oder nahezu vollständig in Lösung übergeführt wird. Man sollte meinen, im Verdauungsschlauche fände das gleiche statt, so dass also die Resorption dieser Nahrungsstoffe eine vollständige sein würde, wenigstens solange mit der Zufuhr eine bestimmte Grenze nicht überschritten wird. Wenn man daher, wie wir in einigen unserer Versuche, nur eiweissartige Substanz füttert, so dürfte demnach kein Nahrungseiweiss im Kothe sich finden.

Für die hohe Wahrscheinlichkeit einer solchen Annahme sprechen mehrere Thatsachen. Wenn man für den Asche- und Rohfett- (Aetherextrakt und Seifen) freien Koth den Stickstoffgehalt berechnet, so erhält man für gleiche Mengen Hungerkoth und Eiweisskoth die gleichen Werthe. Es löst sich ferner in beiden Fällen von dem Gesammtstickstoff des Kothes der gleiche Bruchtheil in saurem Alkohol auf, in welchem natives Eiweiss unlöslich ist; so fand sich bei einem Hunde (Mohr) von 20—24 kg Gewicht im Tageskoth:

	Trockensubstanz	Rohfett	Asche	N Gesammtmenge	N löslich in s. Alkohol
Hungerkoth	1,96	0,63	0,39	0,108	0,047
59 g Eiweiss	2,52	0,66	0,38	0,171	0,073

Daraus berechnen sich folgende Stickstoffmengen:

	Hungerkoth	Eiweisskoth
In 100 fettfreier organischer Substanz	11,45	11,56
Von 100 N in s. Alkohol löslich . .	43,5	42,7

Diese beiden auf verschiedene Weise erhaltenen Zahlenwerthe zeigen eine solche Uebereinstimmung, dass man nothwendig zu dem Schluss gedrängt wird, man habe es beide Male mit dem gleichen Substanzgemische zu thun. Der Uebergang von Nahrungseiweiss in den Koth würde den N-Gehalt der organischen fettfreien Masse erhöhen, den in saurem Alkohol löslichen Stickstoffantheil aber erniedrigen, und es wäre wohl ein höchst merkwürdiger Zufall, wenn diese Verschiebung der beiden Werthe durch das Vorhandensein einer andern stickstoffhaltigen Substanz gerade ausgeglichen würde.

Es frägt sich, ob das gleiche auch für den Koth bei Fütterung mit Fett oder Kohlenhydrat gilt. Ich habe desshalb auch für diese Kothsorten die beiden obigen Methoden angewendet, möchte aber jetzt auf die Resultate nicht näher eingehen, da dieselben nicht eindeutig sind. Jedenfalls ist so viel sicher, dass bei grösserer Fettzufuhr ein Theil des Fettes unresorbirt bleibt. Ebenso finden wir bei grösserer Stärkezufuhr kleine Mengen derselben im Kothe wieder. Es sind dies aber in unseren Versuchen im Verhältniss zur resorbierten Menge doch immer nur verschwindende Grössen. Sie betrugen für das Fett höchstens 1 % und für die Stärke im äussersten Falle 1,95 % der verzehrten Menge.

Man könnte sich nun wohl denken, dass bei unseren Versuchen zugleich mit dem Fett oder der Stärke auch Eiweiss unresorbirt in den Koth übergegangen sei. Aber selbst wenn wir für das Eiweiss trotz der viel geringeren Menge desselben keine günstigeren Resorptionsbedingungen annehmen, wie für Fett und Stärke, würde im äussersten Falle, wo 1,95 % der aufgenommenen Stärke im Kothe wieder erschienen waren, von den 5,88 g des zugeführten Stickstoffes doch nur 0,11 g N unresorbirt geblieben sein, eine Grösse, welche die Resultate unserer Versuche in keiner Weise zu ändern vermöchte.

Für die Berechtigung dieser meiner Schlussfolgerungen möchte ich noch einen directen Beweis hinzufügen.

Prof. Prausnitz und ich haben vor längerer Zeit einem Hunde von ungefähr 29 kg nach 5 Tagen Hunger 3 Tage lang

je 325 g lufttrockene Stärke und 20 g Fett gegeben. Der letzte Koth dieser Reihe konnte leider nicht genau abgegrenzt werden, so dass die auf die Reihe treffende Kothmenge mir nicht genau bekannt ist. Ich will deshalb nur denjenigen Theil des Kothes in Rechnung ziehen, welcher sicher der Stärkereihe angehört und welcher in unserem Beisein abgesetzt worden ist. Derselbe betrug 46,04 g trocken. Von dieser Menge ist noch der auf 5 Tage treffende Hungerkoth abzuziehen. Wir erhalten demnach:

	Gesammtkoth		Hungerkoth		Fütterungskoth	pro die
Menge . .	46,04	—	12,85	=	32,19	10,73
Stärke . .	8,79	—	0,00	=	8,79	2,93
N . . .	2,50	—	0,75	=	1,75	0,58

Nun liegt mir ein weiterer Versuch vor an einem Hunde gleicher Rasse und gleichen Gewichtes (29,5 kg), welcher ebenfalls 2 Tage hindurch die gleiche Menge Fett und Stärke, ausserdem aber noch täglich 35,8 g Eiweiss mit 5,88 g N erhalten hatte. Vergleichen wir nun diese Kothausscheidung mit der sicher zu niedrig in Anschlag gebrachten Kothmenge des ersten Versuches, so erhalten wir als tägliche Kothausscheidung.

	I ohne Eiweiss	II mit Eiweiss
Trockensubstanz .	10,73	16,81
Stärke	2,93	5,58
N	0,58	0,56

In dem Versuch 1 muss aller ausgeschiedene Stickstoff dem Körper entstammen, da die Nahrung stickstofffrei gewesen. Trotzdem ist der Stichstoffverlust nicht kleiner als in Versuch II. Das führt zu der Annahme, dass auch in dem zweiten Falle die Nahrung mit dem Stickstoffverlust im Kothe direct nichts zu thun hat[1]).

1) Versuche, welche Professor Tsuboi im C. Voit'schen Laboratorium angestellt hat und die ähnliche Resultate ergeben haben, werden demnächst in dieser Zeitschrift zur Veröffentlichung kommen.

So wären die Einwände, welche J. Munk gegen die Berechnung unserer Versuche macht, widerlegt, und bleiben die Werthe, welche wir für das physiologische Eiweissminimum erhalten haben, zu Recht bestehen. Von unseren nur wenig verschieden sind auch die Zahlen, welche wir aus den Versuchen anderer Forscher berechneten. Dahin gehören auch die früheren Versuche J. Munk's. Es sinkt auch bei ihnen das physiologische Eiweissminimum nicht unter den Eiweissverlust des Hungerthieres herab.

J. Munk selbst ist zwar zu einer anderen Schlussfolgerung gekommen und glaubt die Einwände, welche wir gegen seine Beweisführung gemacht haben, mit der allerdings wenig wissenschaftlichen Begründung zurückweisen zu können, dass wir selbst: »in drei Versuchen den Eiweissumsatz unter der Grösse des Hungerverbrauches finden«[1]). Dass diese Behauptung unrichtig ist, glaube ich nunmehr gezeigt zu haben. Jedenfalls aber behalten unsere Einwände gegen die Munk'schen Schlussfolgerungen ihre Berechtigung. Oder ist es vielleicht gestattet, dass Munk bei seiner Berechnung den gesammten Kothstickstoff völlig vernachlässigt? Ist es vielleicht gestattet, dass er im ersten seiner Versuche[2]) ohne Kritik und willkürlich die kleinste Stickstoffausscheidung, die er in seiner ganzen Reihe erhielt, mit seiner Hungerausscheidung vergleicht? Ist es vielleicht gestattet, dass er in seinen späteren Versuchen[3]) zum Vergleiche der Stickstoffausscheidung bei der Fütterung ohne Kritik und willkürlich die Hungerausscheidung eines beliebigen Hundes heranzieht? Die früheren Versuche J. Munk's beweisen also nicht, was derselbe aus ihnen folgern will, sondern geben bei genauerer Betrachtung mit unseren Versuchen übereinstimmende Werthe.

Ehe ich die Besprechung der Munk'schen Referate verlasse, möchte ich noch auf zwei Stellen derselben die Aufmerksamkeit richten. Munk[4]) giebt in seinem Referate unsere

1) Centralbl. f. d. med. Wiss. 1896, S. 163. Centralbl. f. Physiol. Bd. 9 S. 723. Verh. d. phys. Ges. Berlin. Du Bois' Archiv 1896 S. 183.

2) Virchow's Archiv Bd. 101 S. 91.

3) Virchow's Archiv Bd. 132 S. 91.

4) J. Munk, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1896, S. 163.

Anschauung in folgenden Worten wieder: »Die Zersetzlichkeit der aus dem Darm resorbirten und im Blute kreisenden Nährstoffe hängt einmal von der Masse ihres die Gewebszellen umspülenden Stromes ab« u. s. w. Wir haben uns ganz anders ausgedrückt; denn die Zersetzlichkeit einer chemischen Verbindung hängt einzig und allein von dem chemischen Charakter derselben ab und nicht von der Menge, in der sie vorhanden ist. Es muss hier selbstverständlich statt Zersetzlichkeit Zersetzungsgrösse gesetzt werden. Wir sagen S. 128: »Es regelt sich demnach die Betheiligung der einzelnen Nährstoffe an der Gesammtzersetzung nach der Zusammensetzung der die Zellen in jedem Zeitmoment durchströmenden Flüssigkeit« u. s. w.; und weiter Seite 135: »Die einzelnen Nährstoffe betheiligen sich an der Gesammtzersetzung nicht allein nach Maassgabe ihrer Massenvertheilung im Säftestrome, sondern insbesondere nach der chemischen Affinität der Zellsubstanz zu den einzelnen Nährstoffen«. Wer Arbeiten referirt, hat auch die Pflicht, den Gedankengang des Autors wiederzugeben. Wer aber die beiden obigen Sätze zusammenhält, dem wird darüber kein Zweifel bleiben, dass hier unter Säftestrom diejenige Flüssigkeitsbewegung verstanden ist, welche durch die Zellen selbst ihren Weg nimmt. J. Munk lässt uns dagegen sagen, den die Gewebszellen umspülenden Strom. Ich lege auf diesen Unterschied einzig und allein desshalb Gewicht, um uns gegen den Vorwurf zu sichern, welchen Pflüger C. Voit fälschlich gemacht hat, dass wir die Zersetzungsvorgänge nicht in die Zelle, sondern ausserhalb der Zelle in die umspülende Flüssigkeit verlegten.

Ueber die Kritik einiger Veröffentlichungen Pflüger's, welche ich als Anhang unserer Arbeit angereiht habe, referirt J. Munk nicht, sondern verweist auf das Original. Das ist sein Recht. Aber nicht recht ist die Art, wie er dies ausführt. Er sagt[1]): »Bezüglich der vom Verfasser an Pflüger geübten Kritik, durch welche die Angriffe desselben gegen die Anschauungen

1) a. a. O. S. 103.

Carl Voit's über den Eiweissumsatz zurückgewiesen werden sollen, vergl. Orig.« Dieses Wörtchen »soll« ist offenbar mit Absicht eingesetzt, um dem Leser ein Vorurtheil gegen meine Auseinandersetzung einzuflössen, um dieselbe als verfehlt erscheinen zu lassen. Es ist das also wieder eine Herabsetzung der Veröffentlichung eines Andern, ohne irgend welche Beweise dafür zu geben.

J. Munk hat sich nicht allein auf die Besprechung unserer Veröffentlichung beschränkt, sondern führt auch einen neuen Versuch[1]) an zur Vertheidigung seiner Ansicht, dass »bei reichlicher Zufuhr von Fett und Stärke der N- oder Eiweissverbrauch beträchtlich unter die Grösse des typischen Hungerminimums herabsinken kann.« [2])

Er füttert eine junge magere Hündin von 22,3 kg Gewicht einige Tage hindurch mit 100 Fleisch, 75 Schmalz und 200—250 g Reis. Stelle ich diesen Versuch in der gleichen Weise wie unsere Versuche zusammen, so erhalte ich:

Versuchstag	Zufuhr in g			Zufuhr in Cal.	Ausfuhr des N			Physiologisches N-Minimum für 100 Hunger-N
	Fett	Stärke	N	Nfr. Stoffe	Harn	Koth	Gesammtmenge	
2	76,8	160	5,70	1369	6,78	0,86	7,64	> 120
4	76,8	168	5,80	1431	5,81	0,86	6,67	> 104
5	76,9	180	5,96	1483	5,02	0,86	5,88	< 92
7	77,0	200	6,23	1568	4,68	0,86	5,54	< 87

Da Munk, abgesehen von dem Stickstoffgehalt, keine Angaben über die Zusammensetzung des gefütterten Fleisches sowie des Reises macht, habe ich zur Berechnung des Energiewerthes der Nahrung den Fettgehalt des frischen Fleisches zu 1%, den des Reises zu 0,4% angenommen, und den Stärkegehalt des Reises zu 80%. Kleine Abweichungen hievon beeinträchtigen die Schlussfolgerungen nicht.

---

1) Ueber das zur Erzielung von Stickstoffgleichgewicht etc. Sitzungsbericht d. phys. Ges. zu Berlin. Du Bois' Archiv, phys. Abth. 1896, S. 183.

2) Siehe ebenda S. 185 Z. 20.

An den der Fütterung vorausgehenden 2 letzten Hungertagen zeigte der Hund folgende mittlere Tagesausscheidung:

Hunger N-Abgabe		
Harn	Koth	Gesammtmenge
6,08	0,30	6,38

Bei diesem Versuche berechnet sich also, wenigstens an dem 5. und 7. Versuchstage, ein physiologisches Stickstoff-Minimum, welches wirklich kleiner ist als die Stickstoffausscheidung bei Hunger.

Die Werthe, die wir aus unseren und aus den von anderen Forschern angestellten Versuchen — und dazu gehören auch die früheren Munk'schen Versuche — erhielten, zeigen alle eine annähernde Uebereinstimmung. Wenn nun dieser eine von Munk neu angestellte Versuch eine Ausnahme hievon macht, so darf man sich nicht damit begnügen, das zu constatiren, sondern muss auch nach der Ursache dieser Ausnahme forschen. Der Grund kann in zwei Momenten zu suchen sein. Entweder ist der Werth, den ich aus Munk's Zahlen berechne, nicht richtig, weil seine Zahlen nicht richtig sind, oder es sind die Bedingungen, unter denen die übrigen Versuche angestellt wurden, und von denen die Gesetzmässigkeit ihrer Resultate abhängt, bei diesem einen Versuche nicht gegeben. Was den ersten Fall betrifft, so muss ich betonen, dass die von mir für das physiologische Eiweissminimum berechneten Werthe wirklich nicht richtig sind, weil sie uns nur das Stickstoffminimum, und nicht — was ja davon verschieden, für uns aber allein von Werth ist — das Eiweissminimum angeben. Letzteres ist aber aus diesem Versuche überhaupt nicht genau festzustellen, weil J. Munk ein Nahrungsmittel gefüttert hat, den Reis, dessen Eiweissgehalt nicht genau bekannt ist.

Klingenberg[1]) hat allerdings in zwei Reisfuttermehlen nach der alten Stutzer'schen Methode das Eiweiss zu bestimmen

1) Klingenberg, Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. 6 S. 155.

gesucht und Stutzer selbst nach einem besser ausgearbeiteten Verfahren weitere Analysen [1]) darüber veröffentlicht. Diese Werthe schwanken aber doch in so hohem Maasse, dass man daraus eine Mittelzahl nicht gut aufstellen kann. Von dem Gesammtstickstoff treffen nämlich in dem einen Fall 71, im andern 84 % auf Eiweiss. Die Eiweissmenge scheint eben mit der Varietaet des Reises, mit der Beschaffenheit sowie Bearbeitung des Bodens [2]) u. s. w. zu wechseln. Zudem ist es immerhin misslich, von Futtermehlen, welche nicht alle Theile des Kornes enthalten, auf die Zusammensetzung des letzteren einen Schluss zu machen.

Auch für den Kothstickstoff enthalten die Zahlen Munk's eine allerdings sehr geringfügige Ungenauigkeit, da derselbe trotz der ungleichen Nahrungsaufnahme den Kothstickstoff der ganzen Periode auf die 7 Tage gleichmässig vertheilt hat. Berücksichtigen wir diese ungleiche Futteraufnahme, so erhält man für den 7. Fütterungstag nicht 0,86 g, sondern 0,95 g Koth-N.

Ich möchte ferner darauf hinweisen, dass die Stickstoffausscheidung im Kothe des hungernden Thieres bei dem Munk'schen Versuche auffallend gross ist: 0,30 g N für den Tag. Den Maximalwerth, den ich an verschiedenen hungernden Hunden gefunden habe, und zwar bei einem über 30 kg schweren Hunde betrug 0,18 g N, während Thiere von der Grösse des Munk'schen Hundes nur annähernd 0,11 g N mit dem Koth täglich ausschieden.

Nimmt man diese eben besprochenen Correcturen an den Zahlen Munk's vor, so erhält man sogar für den 7. Fütterungstag einen Werth für das physiologische Eiweissminimum, welcher nicht mehr viel von der Grösse des Eiweissverlustes beim Hunger abweicht. Doch möchte ich auf diese Zahl kein grosses Gewicht legen, weil sie eben doch nur mit Hilfe von nicht ganz sicheren Annahmen erhalten worden ist. Es lässt sich also, in Folge

1) Landw. Versuchsstation Bd. 38 S. 475 und Bd. 40 S. 165.

2) Mittheil. aus d. ag. Laboratorium d. k. Univ. zu Tokio. Landw. Versuchstation Bd. 41 S. 304, Bd. 30 S. 42 u. s. w.

der ungeeigneten Versuchsanordnung nicht entscheiden, ob Munk's Versuchsresultate mit unseren Werthen übereinstimmen oder nicht.

Der principiellen Bedeutung halber möchte ich aber noch auf einen anderen Punkt aufmerksam machen. Gesetzt, die vorher, Seite 343, von mir aus den Munk'schen Zahlen für den 7. Fütterungstag berechnete Verhältniszahl 87 gebe wirklich den wahren Werth für das physiologische Eiweissminimum an, dann müssen wir uns fragen, warum in diesem Falle eine Ausnahme von der Regel vorliegt. Zum besseren Vergleich der Versuchsresultate werde ich die Munk'schen Zahlen mit den von mir an einem ungefähr gleich schweren Hunde direkt ermittelten Werthe zusammenstellen.

Eigene Versuche.

Versuchs-No.	Versuchstag	Aufnahme in g: Fett	Stärke	N	N-freie Stoffe in Cal.	N-Abgabe	N-Verlust beim Hunger
I	$\frac{4+5}{2}$	17	249	3,83	1190	4,91	5,25
II	3	13	166	5,00	797	5,00	4,94
	6	18	249	5,00	1191	4,35	4,94
III	$\frac{3+4}{2}$	11	167	5,07	792	5,43	4,93
	$\frac{6+7}{2}$	21	334	5,07	1573	4,48	4,93
				Munk's Versuch.			
	2	77	160	5,70	1398	7,64	6,38
	4	77	168	5,80	1431	6,57	6,38
	5	77	180	5,96	1483	5,88	6,38
	7	77	200	6,23	1568	5,51	6,38

Der Vergleich ergibt, dass die absolute Grösse des N-Verlustes durch Harn und Koth in den drei Versuchen von uns geringer, zum Theil sogar bedeutend geringerer ist, als in Munk's Versuch. Der Grund liegt zum Theil daran, dass in unseren Versuchen die N-Abgabe auf Eiweiss allein zu beziehen ist, die Grösse des Eiweissverlustes also direkt anzeigt, während in dem

Munk'schen Versuche diese Stickstoffabgabe zum Theil den mit der Nahrung zugeführten Zersetzungsprodukten entstammt, so dass man diesen Werth erst mit einem unbekannten Factor zu multipliziren hat, um daraus die Eiweissabgabe vom Körper zu erhalten. Aber selbst wenn wir das in Rücksicht ziehen, sind doch noch geringe Grössenunterschiede vorhanden. Das liegt nicht an der grösseren Stickstoffeinfuhr bei Munk, da eine solche, sobald man den Eiweissstickstoff allein in Betracht zieht, kaum mehr vorhanden ist. Dagegen ist zu beachten, dass die maximalen Stärkegaben bei dem Munk'schen Versuche viel geringer sind, wie bei den unsrigen. Die Gesammtzufuhr an N-freiem Materiale repräsentirt bei ihm in Folge der grösseren Fettzufuhr im Allgemeinen allerdings einen grösseren Energiewerth. Da aber nach unseren Versuchen selbst die grösste Fettzufuhr das physiologische Eiweissminimum noch nicht so weit erniedrigt, wie mässige Mengen von Stärke, so ist es wahrscheinlich, dass auf dieser geringeren Zufuhr von Kohlenhydraten die grössere Stickstoffabgabe in dem Munk'schen Versuche mitberuht.

Da nun der absolute Werth des physiologischen Eiweissminimums in unseren Versuchen kleiner ist wie bei Munk, so kann die Differenz der relativen Werthe, das heisst, die Grösse des Stickstoffverlustes bezogen auf 100 Hungerstickstoff, was ich als relatives Eiweissminimum bezeichnen möchte, nur in der ungleichen Stickstoff-Hungerausscheidung zu suchen sein. Und in der That findet sich in dem Munk'schen Versuche die letztere um 18 resp. 23 % gegenüber unseren Versuchen erhöht.

Ich habe alle aus den hiesigen Untersuchungen mir zu Gebote stehenden Hungerversuche an Hunden zwischen 18—34 kg Gewicht durchgesehen, und alle, bei denen das Körpergewicht wie die Stickstoffabgabe genau verzeichnet war, zu der folgenden Zusammenstellung verwerthet, soferne nur die Hungerperiode 3 oder mehrere Tage gedauert hatte. Es sind 41 verschiedene Versuchsreihen an 12 verschiedenen Hunden ausgeführt. Um dabei den Einfluss des ungleichen Körpergewichtes einigermaassen auszuschalten, habe ich in der nachstehenden Tabelle die N-Abgabe auf die Oberflächeneinheit bezogen.

Zahl der Versuche	In % der Gesammtzahl	N-Abgabe für 1 qm Oberfläche in g
4	10	< 4
19	46	4—5
15	36	5—6
3	7	6—7

Von 41 Fällen finden sich also nur 3, in welchen für 1 qm Oberfläche 6 g N und darüber abgegeben wurde. Der eine Fall von den dreien (= 6,67 g N) bezieht sich auf einen Hund, der lange Zeit hindurch nur Fleisch erhalten hatte, wobei er Fett, aber nicht oder nur in ganz geringer Menge Eiweiss von seinem Körper eingebüsst hatte. Der zweite Fall (= 6,57 N) betrifft einen auffallend mageren Hund. Ueber den dritten Fall (= 6,15 N) konnte ich keine weiteren Aufzeichnungen finden.

Der Munk'sche Hund scheidet bei 22,3 kg Gewicht (= 0,892 qm Oberfläche) 6,38 g N aus, für 1 qm Oberfläche 7,15 g N, also noch mehr, als in den 3 erwähnten Ausnahmefällen erhalten wurde. Wir haben es also in dem Munk'schen Versuche mit einem ungewöhnlich hohen Hunger-Eiweisszerfall zu thun. Würde die N-Ausscheidung nur 6 g für die Oberflächeneinheit betragen haben, das ist statt 6,38 nur 5,35 g N, dann würde auch am 7. Fütterungstage, wo die kleinste Eiweissabgabe vorhanden ist, das relative Eiweissminimum sicher noch über 101 liegen, ein Werth, der mit den von uns erhaltenen übereinstimmen würde. Wenn wir nun das in diesem Versuche Munk's erhaltene relative Eiweissminimum = 87 als richtig ansehen wollten, so bezieht sich dasselbe doch nur auf einen selten vorkommenden Fall, auf welchen wir schon in unserer ausführlichen Veröffentlichung aufmerksam gemacht haben, was Munk bei Besprechung seiner Resultate nicht unberücksichtigt hätte lassen sollen.

Da die Masse und Zusammensetzung der Organsubstanz auf das Eiweissbedürfniss eines Thieres von grösstem Einflusse ist, so sind die aus verschiedenen Versuchen erhaltenen absoluten Eiweissminima nicht direkt unter einander vergleichbar. Sie werden es erst, wenn man sie in einem Maassstabe ausdrückt

dnrch welchen diese Einflüsse, die in dem Thiere selbst gelegen sind, eliminirt werden. Das ist dann der Fall, wenn die Grösse, welche als Einheit dienen soll, in gleichem Sinne wie das Eiweissbedürfniss (= E B) mit der Masse und Zusammensetzung der Organsubstanz sich ändert. Wir haben desshalb in unserer Veröffentlichung [1]) betont, dass der Eiweisszerfall im Hungerzustande (= H Z) nur dann als Einheit zu benutzen ist, wenn er dieser Bedingung genügt. Zugleich muss auch die Gleichung, welche das Abhängigkeitsverhältniss beider Grössen von der Masse und Zusammensetzung der Organsubstanz darstellt, bekannt sein. Wir haben für unsere Berechnung des relativen Eiweissminimums diese Gleichung als eine lineare angesehen. Es sind also unsere Werthe nur dann richtig, wenn die Gleichung

$$\frac{E\,B}{H\,Z} = K$$

erfüllt ist.

Der Eiweissverlüst des hungernden Thieres kann somit nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen zur Beurtheilung des Eiweissbedürfnisses benutzt werden, und wir führten auch in unserer Veröffentlichung, wie gesagt, einen Fall an, wo er dazu nicht geeignet ist.

Wenn nämlich das Thier sehr fettarm ist, so dass bei Nahrungsentziehung die den Zellen in der Zeiteinheit zur Verfügung stehende Fettmenge unter eine gewisse Grösse sinkt, dann steigt die Eiweisszersetzung, und der Eiweissverlust beim Hunger wird dann, wie bei dem Munk'schen Hund, unverhältnissmässig gross. Trotzdem wird bei überschüssiger Fett- und Stärkezufuhr das Eiweissbedürfniss eines solchen fettarmen Thieres nicht grösser sein, als eines fettreicheren, weil durch die Zufuhr stickstofffreien Materials dieser Ausfall des Körperfettes gedeckt wird. Hier wäre das absolute Eiweissminimum in beiden Fällen gleich, das relative dagegen ungleich, d. h. das relative Eiweissminimum wäre bei dem fettarmen Thiere kleiner, weil der Eiweisszerfall des sehr mageren Hungerthieres ein grösserer ist, als der des fettreichen Thieres.

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 32 S. 99.

Dessenungeachtet haben wir den Eiweissverlust des Hungerthieres dem Vergleich unserer Eiweissminima zu Grunde gelegt, da nach meinen Untersuchungen die im Hunger circulirende Fettmenge nur in solchen extremen Fällen erhebliche Schwankungen aufweist.

Gerade ein solcher extremer Fall scheint aber bei dem Versuche Munk's vorzuliegen. Ich schliesse dies aus der auffallend grossen N-Abgabe beim Hunger = 7,12 g N für die Oberflächeneinheit, womit die erhebliche Gewichtsabnahme von 450 g für den Tag übereinstimmt. Weiter ist im Munk'schen Versuche zu beachten, dass die Stickstoffabgabe an den aufeinander folgenden Fütterungstagen sehr bedeutend absinkt, obwohl die Grösse der Zufuhr an N-freien Stoffen nur wenig zunimmt, während in unseren Versuchen die Stickstoffabgabe bei einer viel grösseren Zufuhrsteigerung nur unbedeutend sich ändert.

Nehmen wir, da die gegebene Fettmenge in den einzelnen Versuchsreihen stets die gleiche bleibt, nur auf die Stärkegaben Rücksicht, so erhalten wir:

	Versuche von Voit u. Korkunoff		Versuchsreihe Munk's		
	II.	III.	2. : 4. Tag	4. : 7. Tag	2. : 7. Tag
Relative Erhöhung der Stärkezufuhr . . .	50	100	5	19	25
Relative Erniedrigung der N-Abgabe . . .	13	17	13	16	28

Darnach findet sich bei Munk für eine Erhöhung der Stärkezufuhr um nur 25 % eine viel grössere Erniedrigung der N-Abgabe (= 28 %) als bei unseren Versuchen (= 17 %), trotzdem hier eine Erhöhung der Stärkezufuhr um 100 % stattgefunden hatte.

Da nun gleiche Ursachen auch gleiche Wirkungen hervorrufen, so kann dieser bedeutende Abfall der N-Ausscheidung im Munk'schen Versuche nicht auf der steigenden Stärkezufuhr allein beruhen. Möglich ist, dass in Folge der längeren Fütterung mit grossen Fett- und Stärkemengen in dem zuerst fett-

armen Hunde Fett zum Ansatz kam, wodurch allmählig weniger Eiweiss zum Zerfall gelangte; dann ist aber der zu Beginn der Fütterung festgestellte Hungerzerfall für die letzten Tage der Fütterung nicht mehr maassgebend zur Bestimmung des relativen Eiweissminimums. Hätte Munk seiner Fütterungsreihe noch einige Hungertage angeschlossen, dann würde diese Veränderung des Eiweisszerfalles wohl zu Tage getreten sein.

Es hat also den Anschein, als ob in dem Munk'schen Versuche ein solcher Fall vorliege, wo die erhaltene Eiweisszersetzung des Hungerthieres zur Beurtheilung der Grösse des Eiweissminimums nicht mehr herangezogen werden darf.

Um weiteren Missverständnissen in der Beurtheilung der von mir und Korkunoff erhaltenen Werthe für das »relative Eiweissminimum« vorzubeugen, erscheint es angezeigt, nach der eben besprochenen Seite hin eine Grenze anzugeben, für welche diese Werthe allgemeine Gültigkeit noch besitzen. Sie dürfte bei einer Hunger-Stickstoffabgabe zu suchen sein, welche 6 g pro Oberflächeneinheit nicht überschreitet.

Unsere Kenntnisse in der Lehre vom allgemeinen Stoffwechsel haben sich, seit C. Voit seine ersten grundlegenden Versuche veröffentlichte, zum Theil wesentlich erweitert und vertieft, nicht am wenigsten durch die Voit'sche Schule selbst. In Folge der besseren Beherrschung der maassgebenden Factoren, sowie mit Hilfe der genaueren analytischen Methoden lassen sich jetzt in manchen Details genauere Versuchsresultate erzielen wie damals. Es ist desshalb auch ein unfruchtbares Beginnen, die bei den älteren Versuchen erhaltenen Werthe zu bekritteln und die früheren Ansichten C. Voit's zu bekämpfen, ohne Rücksicht auf die von ihm und seiner Schule gefundenen neueren Thatsachen und die damit nothwendig verbundene Klärung unserer Anschauungen. Aber ebenso nutzlos ist es, Versuch auf Versuch zu häufen, ohne genaue Berücksichtigung aller der Bedingungen, welche nach dem Stand unserer jetzigen Kenntnisse den Versuch beeinflussen; denn nur, wenn letzteres geschieht, ist man im Stande, die Gesetzmässigkeit eines Vorganges zu finden.

Ueber Federcurven und Hebelschleuderung.

(Entgegnung an Fr. Schenck.)

Von

Dr. **Karl Kaiser,**

Privatdozent.

(Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg.)

(Mit Tafel V.)

In meinen Untersuchungen: »Zur Analyse der Zuckungscurve des quergestreiften Muskels«, habe ich gezeigt, dass die im Muskel durch die Reizung frei werdenden Energieen die bewegten Massentheilchen des Muskels unter Umständen zu schleudern vermögen. Ich habe in der Abhandlung das Bild einer gedehnten und dann entspannten Spiralfeder benützt, um an einem theoretisch relativ einfachen Beispiel die Schleuderung gegen einen elastischen Widerstand zu erörtern.

Fr. Schenck behauptet[1]), dass die von mir in der citirten Abhandlung mitgetheilten Erscheinungen nicht auf einer Schleuderung der Massentheilchen des Muskels, sondern auf einer Schleuderung des Hebels beruhen.

Schenck gründet seine Behauptung auf eine theoretische Ueberlegung, gemäss welcher nach geschehenem Anschlag der Muskel in Folge der lebendigen Kraft seiner bewegten Massentheilchen sich selber spannen und dadurch den Hebel an den

1) Fr. Schenck, Ueber Kaiser's Theorie der Muskelzuckung. Pflüger's Archiv Bd. 63 S. 355.

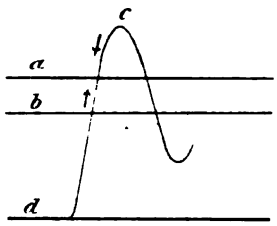


Fig. 1.

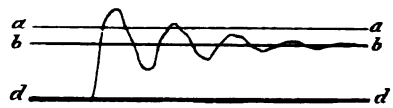


Fig. 2. Freie Entspannung.
Bel. 30,0 g, a. d. Axe.

Fig. 3. Anschlag über dem zweiten Fusspunkt.
Bel. 30,0 g, a. d. Axe.

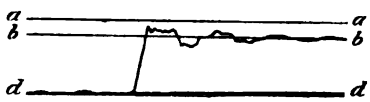


Fig. 4. Anschlag unter dem 2. Fusspunkt. Bel. 30,0 g, a. d. Axe.

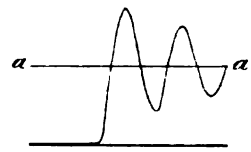


Fig. 5. Unbelasteter Hebel
a—a 2. Fusspunkt

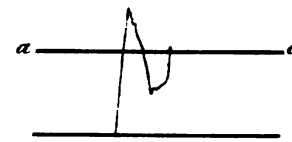


Fig 5 a. Anschlag bei unbelastetem Hebel über dem 2. Fusspunkt.
a—a 2. Fusspunkt.

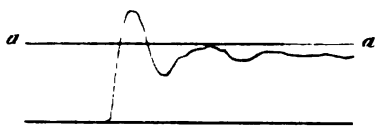


Fig. 6. Bel. 20,0 g, a. d. Axe,
a—a 2. Fusspunkt.

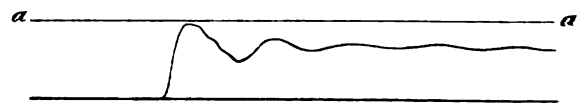


Fig. 7. Bel. 50,0 g, a. d. Axe,
a—a 2. Fusspunkt.

Verlag von R. Oldenbourg, München und Leipzig.

Tafel V.

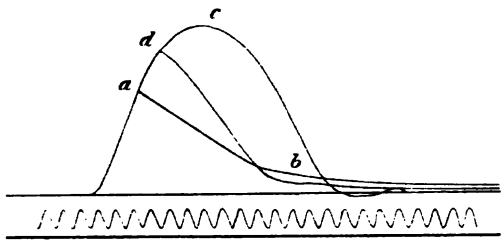


Fig. 8. Bei a Anschlag im 2. Fusspunkt; bei d Anschlag über dem 2. Fusspunkt.

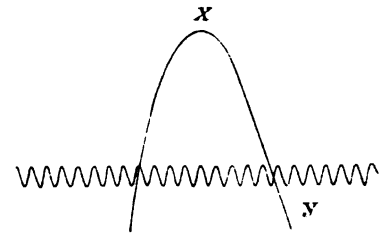


Fig. 9. x—y Fallcurve.

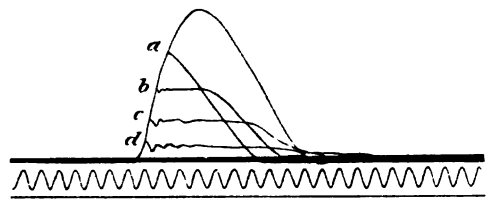


Fig. 10. Anschlagszuckungen bei wechselnder Höhe des Anschlages; bei a 2. Fusspunkt.

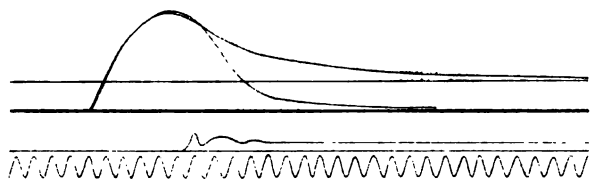


Fig. 11. Zuckung mit Entlastung am Gipfel. Bel. 15,0 g, a. d. Axe.

Fig. 12. Zuckungscurve des Muskels mit Anschlag im 2. Fusspunkt; Hebel unbelastet (0,3 g); Vergrösserung = 2,0.

C. Krapf lith.

Anschlag andrücken soll! und auf schematische Versuche an einer Spiralfeder.

Ich will zeigen, dass die physikalische Betrachtung, auf die sich Schenck beruft, für den Theil der Bewegung der entspannten Feder, auf den es allein ankommt, keine Anwendung findet, und ferner, dass Schenck bei seinen Federversuchen einen Fehler begeht, der gerade die Bedingung ausschliesst, welche die von mir beobachtete Erscheinung herbeiführt.

Fig. 1 stellt eine Federcurve dar, wie man sie mit der von Schenck beschriebenen Einrichtung erhält. Die Linie *a* bezeichne die Gleichgewichtslage der Feder bei völlig unbelastetem Hebel, der die Feder nicht merklich dehnt; a entspricht also dem zweiten Fusspunkt; *b* gebe die Gleichgewichtslage der Feder bei belastetem Hebel an; *d* indicire die Spannung, welche der Feder durch Ziehen an einem Faden ertheilt worden ist.

Schenck behauptet, dass, wenn der Hebel während seiner Bewegung von *b* bis *c*, dem Gipfelpunkt der Curve, gegen einen Anschlag treffe, die Feder durch die Trägheit ihrer bewegten Massentheilchen gespannt werde und in Folge dessen der Hebel eine Zeit lang am Anschlage liegen bleiben müsse. Diese Behauptung von Schenck trifft zu für die Bewegung der Feder von *b* bis *a*, für die Bewegung über *a*, den zweiten Fusspunkt, hinaus bis *c* findet das der Schenck'schen Behauptung zu Grunde liegende physikalische Gesetz keine Anwendung.

Während der Bewegung der Feder von *b* bis *a* ist die Feder immer noch gespannt, es wirkt in ihr also eine elastische Kraft in der Richtung von *b* nach *a* aufwärts; während der Bewegung der Feder von *a* bis *c* wird die Feder zusammengedrückt, es wirkt in ihr also eine elastische Kraft in der Richtung von *c* nach *a*, also abwärts!

Erfolgt der Anschlag zwischen *b* und *a*, so wirkt dem abwärts gerichteten Stoss die aufwärts gerichtete elastische Kraft entgegen, die Feder wird in Folge dessen gespannt und der Hebel bleibt in Folge dessen eine Zeit lang am Anschlage liegen.

Erfolgt der Anschlag zwischen *a* und *c*, so ist der abwärts wirkende Stoss der abwärts wirkenden elastischen Kraft gleich

gerichtet; die von beiden Kräften bedingten Beschleunigungen addiren sich und der Hebel wird im Moment des Anschlages zurückgestossen.

Die Fig. 2—7 geben Curven wieder, die ich mit einer der Schenck'schen Beschreibung entsprechenden Einrichtung gewonnen habe. Der Hebel, mit dem diese Curven gezeichnet worden sind, war folgendermaassen beschaffen: An der in Spitzen gehenden stählernen Axe war ein 5 mm langer Aluminiumstift angeschraubt, auf diesen war ein Strohhalm aufgesteckt, dessen Länge bis zur Schreibspitze, einem fein geschabten, kurzen Federkiel, 13 cm betrug. An der Axe sass, der Vorschrift von Fick entsprechend, ein Rädchen, dessen Halbmesser 5 mm betrug, zur Anbringung der Belastung; 5,0 cm von der Axe war eine sorgfältig aus Stahldraht gefertigte Spiralfeder absolut fest mit dem Hebel verbunden. Die Vergrösserung der Curven ist also = 2,6. In den Curven der Fig. 2—4, die zunächst in Betracht kommen, betrug die Belastung an der Axe 30,0 g = 3 g an der Feder.

Die Linien *a—a* bezeichnen die Gleichgewichtslage der Feder bei völlig unbelastetem Hebel (die Belastung durch den Hebel allein betrug 0,3 g), sie entsprechen also dem zweiten Fusspunkt; die Linien *b—b* bezeichnen die Gleichgewichtslage der Feder bei einer Belastung von 30,0 g an der Axe; die Linien *d—d* indiciren, wie weit die Feder durch Ziehen an einem am Angriffspunkt der Feder am Hebel befestigten Faden gespannt wurde. Die Curve Fig. 2 zeigt eine freie Entspannung der Feder, in Fig. 3 erfolgte ein Anschlag über dem zweiten Fusspunkt, in Fig. 4 unter demselben. In Fig. 3 sinkt der Hebel sofort nach dem Anschlage zurück, in Fig. 4 bleibt der Hebel eine Zeit lang am Anschlage liegen.

Wie kommt es nun, dass die von Schenck abgebildeten Federcurven, in denen der Anschlag angeblich über dem zweiten Fusspunkt erfolgt, die von mir theoretisch postulirten und in allen Versuchen auch thatsächlich erhaltenen Resultate nicht aufweisen?

Ich behaupte, dass Schenck sich über das Verhältniss der Lage des Anschlages zu der Lage des zweiten Fusspunktes in seinen Curven in einer Täuschung befindet. Der Anschlag liegt nämlich in den Schenck'schen Curven nicht, wie er angibt, über, sondern unter dem zweiten Fusspunkt!

Schenck gibt zwar an, dass die in seinen Abbildungen gezogenen Horizontalen die Gleichgewichtslage der Feder bei völlig unbelastetem Hebel indiciren; ich muss die Richtigkeit dieser Angabe aber entschieden bestreiten. Vergleichen wir zunächst die Antheile der Federcurve über und unter der Horizontalen, so zeigt sich, dass die um 11,5 mm gedehnte Feder 13,5 mm über ihre Gleichgewichtslage im unbelasteten Zustande hinausgeht! Das ist einfach unmöglich! Das würde ja bedeuten, dass die um 11,5 mm gedehnte Feder im Stande sei, sich bei der Entspannung über die Gleichgewichtslage hinaus um 13,5 mm zusammenzudrücken! Also Druckelasticität zu wecken, die nicht unerheblich grösser ist als die Dehnungselasticität, die sie erzeugt! Eine solche Feder wäre ja einem perpetuum mobile noch bedeutend überlegen und einmal in elastische Bewegung gebracht, müssten ihre Schwingungen immer an Umfang zunehmen, und was dergleichen Absurditäten mehr sind.

Wenn Schenck nun einwenden sollte, dass er den aufsteigenden Schenkel der Federcurve nicht vollständig wiedergegeben habe, so lässt sich doch aus der geringen Steilheit des absteigenden Schenkels erweisen, dass der Hebel in den Versuchen von Schenck nicht unerheblich belastet gewesen sein muss. Führt man den Federversuch mit unbelastetem Hebel aus (Fig. 5), so ist der absteigende Schenkel nur um ein geringes weniger steil, als der aufsteigende Schenkel. Mit zunehmender Belastung nimmt die Steilheit des absteigenden Schenkels immer mehr ab, so ist in Fig. 6 bei einer Belastung von 20 g an der Axe der absteigende Schenkel weniger steil als in Fig. 5, und in Fig. 7 bei einer Belastung von 50 g an der Axe tritt die Abflachung des absteigenden Schenkels noch mehr hervor. Vergleichen wir mit diesen Curven die von Schenck abgebildeten, so ergibt sich, dass Schenck bei Zeichnung dieser Curven

seinem Hebel eine nicht unbeträchtliche Last angehängt haben muss.

Entweder beruht also die Angabe von Schenck, dass die in seinen Federcurven gezeichnete Horizontale die Gleichgewichtslage der ungedehnten Feder angebe, auf einem allerdings schwer verständlichen Irrthum oder Schenck hat irgend einen andern für mich nicht controllirbaren Fehler begangen.

Damit ist der von Schenck gegen die Ergebnisse meiner Untersuchungen erhobene Einwand zurückgeführt auf eine unzureichende physikalische Ueberlegung und einen fehlerhaft angestellten schematischen Versuch.

Schenck sagt, dass er wegen der Unvollkommenheit der Beschreibung meiner schematischen Versuche, diese nicht auf die von mir angegebene Weise habe ausführen können. Die gerügte Ungenauigkeit bezieht sich darauf, wann während der Abwärtsbewegung des Hebels das dehnende Gewicht wieder angehängt wird. Da es gar nicht auf den absteigenden Schenkel, sondern einzig und allein auf den aufsteigenden Schenkel ankommt, und da ich durchaus nicht behaupte, dass die Bewegung des Muskels mit der einer entspannten Feder identisch sei, so sind die diesbezüglichen Bemerkungen von Schenck wohl überflüssig!

Ich will jetzt auch an den Muskelcurven zeigen, dass die von mir auf »Schleuderung im Muskel« zurückgeführten Erscheinungen nicht auf Schleuderungen des Hebels beruhen können:

1. Wenn die Abwärtsbewegung des Hebels nach dem Anschlage im zweiten Fusspunkt bedingt wäre durch Schleuderung des Hebels gegen die Hemmung und Abprall von derselben, so wäre die Linie *a b* (Fig. 8) die Curve eines senkrecht nach abwärts gerichteten Wurfes. Je höher der Anschlag über dem zweiten Fusspunkte erfolgt, desto geringer ist die Geschwindigkeit, mit der der Hebel gegen den Anschlag stösst. Die Wurfcurve des vom Anschlage abprallenden Hebels müsste also mit wachsender Höhe des Anschlages über dem zweiten Fusspunkt immer flacher werden. Der absteigende Schenkel der ohne Anschlag gezeichneten Zuckungscurve müsste, einer einfachen Fallcurve entsprechend, am wenigsten steil verlaufen!

Die Versuche zeigen das strikte Gegentheil! Die Curve des nach dem Anschlage absinkenden Hebels ist am flachsten, wenn

der Anschlag im zweiten Fusspunkt erfolgt (Fig. 8 a). Mit zunehmender Höhe des Anschlages (Fig. 8 d) wächst auch die Steilheit der Curven des absinkenden Schenkels, und der absteigende Schenkel der ohne Anschlag erfolgenden Zuckungscurve zeigt die grösste Steilheit!

Daraus folgt mit Nothwendigkeit, dass durch Verkürzung des Muskels über den zweiten Fusspunkt hinaus eine nach abwärts gerichtete Kraft in ihm entsteht, die mit der Verkürzung zunimmt. Diese Kraft ist mit höchster Wahrscheinlichkeit durch Ueberwindung eines elastischen Widerstandes geweckte Druckelasticität. Diese nach abwärts gerichtete Kraft ist in *a*, dem zweiten Fusspunkt gleich Null und wächst gegen den Gipfel der Curve *c*, wo sie ihr Maximum erreicht. Betrachten wir nur den über dem zweiten Fusspunkt gelegenen Theil der Curve, so ist die Geschwindigkeit in *a* am grössten und ist in *c*, dem Gipfelpunkt der Curve, wo die nach abwärts gerichtete beschleunigende Kraft ihr Maximum erreicht, gleich Null.

Es könnte noch der Einwand erhoben werden, dass bei der mehr oder weniger lockeren Verbindung des Muskels mit dem Hebel, der Muskel dem Hebel keinen Stoss versetzen könne: Wenn ich einen an einem Faden hängenden Stein frei schwebend in der Luft halte und bewege meinen Arm abwärts, so bewegt sich auch der Stein abwärts und zwar mit einer Geschwindigkeit, die der meines Armes genau entspricht, ohne dass ich doch einen Stoss auf den Stein ausübe. Nur wenn die Geschwindigkeit meines Armes grösser wird als der Beschleunigung beim freien Fall entspricht, wäre ein Stoss auf den Stein erforderlich, um ihm die gleiche Geschwindigkeit zu ertheilen. Dass nun selbst der absteigende Schenkel der ohne Anschlag gezeichneten Zuckungscurve nicht die dem freien Falle entsprechende Geschwindigkeit erreicht, zeigt die in Fig. 9 wiedergegebene Fallcurve, die unter gleichen Bedingungen, mit demselben Hebel, bei gleicher Trommelgeschwindigkeit aufgezeichnet worden ist, wie meine Muskelcurven.

2. Wenn überhaupt eine Schleuderung des Hebels durch den sich contrahirenden Muskel stattfindet, so muss diese Schleuderung

beginnen im Momente der grössten Geschwindigkeit des zuckenden Muskels, jedenfalls nicht später. In der Curve Fig. 10 müsste demnach die Schleuderung bei *c*, dem Momente des steilsten Anstieges, also der grössten Geschwindigkeit, baginnen, nicht aber bei *a*, wo die Geschwindigkeit schon erheblich abgenommen hat. Beim Anschlage in *c* oder selbst *b* bleibt aber der Hebel an der Hemmung liegen, ist also nicht geschleudert; demnach kann auch in *a* keine Schleuderung stattgefunden haben; der Erfolg des Anschlages in *a* kann also auch nicht auf Schleuderung des Hebels beruhen!

3. Endlich führe ich noch die Versuche mit Entlastung als Beweis dafür an, dass es sich in meinen Untersuchungen nicht um Schleuderung des Hebels handeln kann. Wenn ich den Hebel an der Axe so belaste (ca. 15 g), dass der Gipfel der Zuckungscurve mit dem zweiten Fusspunkt zusammenfällt und entlaste auf dem Gipfel, so tritt keine sogenannte Entlastungszuckung auf, sondern der Hebel sinkt in stetigem Zuge zur Abscisse ab. (Fig. 11.)

Wenn auch diese Erscheinung auf Schleuderung des Hebels zurückgeführt werden soll, so müsste der absteigende Schenkel nach der Entlastung einer Fallcurve entsprechen, also an Steilheit der Curve Fig. 5 gleichkommen. Der absteigende Schenkel nach der Entlastung ist aber ausserordentlich viel flacher als die Fallcurve; er ist auch viel weniger steil als der absteigende Schenkel der Zuckungscurve des unbelastet sich contrahirenden Muskels, woraus wiederum hervorgeht, dass durch Verkürzung des Muskels über den zweiten Fusspunkt hinaus eine Kraft in ihm erweckt wird, die den Muskel auszudehnen sucht, also als abwärts gerichtete Beschleunigung in die Erscheinung tritt!

Schenck bezeichnet meine Mittheilungen als eine Theorie. Ich muss Schenck entschieden die Berechtigung bestreiten, die von mir gefundenen Thatsachen als Theorie zu bezeichnen. Ferner sagt Schenck S. 355: »Kaiser nimmt an, dass der ruhende Muskel eine natürliche Form besitzt und der thätige eine andere natürliche Form«. Was Schenck als meine Annahme bezeichnet, ist bekanntlich nichts anderes als die Theorie Weber's, wie ich das auch ausdrücklich hervorhebe. Ich stehe weder auf dem Boden der Weber'schen, noch dem der Fick'schen Theorie, sondern benütze

beide Theorieen nur als heuristisches Princip. Drittens behauptet Schenck, Fick habe die Zusammenziehung des Muskels nur in einem bestimmten Falle als die einer gespannten und sich entspannenden Feder betrachtet. Ich verweise dafür z. B. auf A. Fick's Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskelthätigkeit, Leipzig 1882, S. 145, wo Fick im ersten »Allgemeine Betrachtungen« überschriebenen Kapitel des zweiten Theiles davon spricht, dass durch die Reizung ein vorher gar nicht oder nur schwach gespannter Strang plötzlich in einen stark gespannten verwandelt wird! Endlich stellt Schenck auf S. 356 von ihm und von mir gewonnene Curven zusammen und erklärt (S. 360), »dass die (von mir) beobachteten Erscheinungen nur dadurch bedingt sein können, dass die wirkliche Verkürzung des Muskels in den Versuchen durch colossalen Wurf des Zeichenhebels vollständig entstellt wiedergegeben worden ist«. — Da Schenck in Folge directer Mittheilung von mir wusste, dass die Bestimmung des zweiten Fusspunktes in der Curve des unbelasteten Muskels auch mit Hebeln gelingt, die ich genau nach der Beschreibung von Schenck habe anfertigen lassen [1]), so muss ich die Zumuthung mit einem so ungeheuerlichen Hebel gearbeitet zu haben, als gänzlich ungerechtfertigt zurückweisen.

1) Fig. 12 gibt eine Curve wieder, die, mit dem Schenck'schen Hebel aufgenommen, ihm selbst seit längerer Zeit bekannt ist.

Untersuchungen über die Natur der bei der Contraction des quergestreiften Muskels wirksamen Kräfte.

Von

Dr. **Karl Kaiser,**

Privatdozent.

(Aus dem physiologischen Institut in Heidelberg.)

(Mit Tafel VI u. VII.)

Das Fundamentalproblem der Muskelphysiologie, die Frage nach der Natur der bei der Verkürzung des Muskels wirksamen Kräfte, ist schon von den verschiedensten Seiten her in Angriff genommen worden. Bald waren es die mikroskopischen am quergestreiften Muskel zu beobachtenden Erscheinungen, auf welche eine Theorie aufgebaut wurde, bald waren es zellphysiologische Untersuchungen, die den Ausgangspunkt solcher Betrachtungen bildeten. Auch rein physikalische Bewegungen, wie sie bei der Berührung gewisser Flüssigkeiten mit einander auftreten, wurden für die Erklärung der lebendigen Bewegung in Anspruch genommen, und Fick stellte die Hypothese auf, dass es sich bei der Muskelaction um den unmittelbaren Uebergang von chemischer Energie in mechanische Bewegung handle.

Im Folgenden soll der Versuch gemacht werden, durch mechanische Analyse der Muskelbewegung Gesetzmässigkeiten aufzudecken, die vielleicht als Bausteine für eine künftige Theorie der Muskelcontraction dienen können. Die Schwierigkeiten, die für eine annähernd vollständige Lösung der Aufgabe überwunden

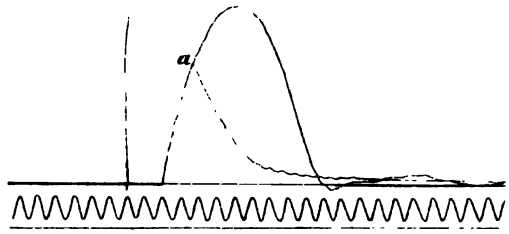


Fig. 1. Maximale Zuckung, bei a zweiter Fusspunkt.

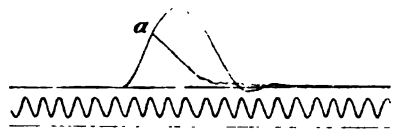


Fig. 2. Derselbe Muskel wie Fig. 1. Untermaximale Zuckung, bei a zweiter Fusspunkt.

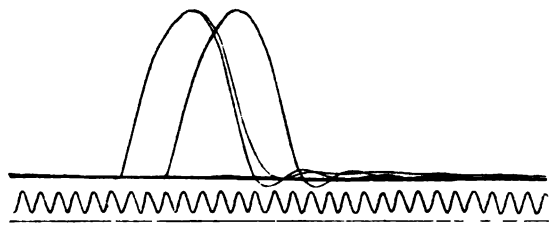


Fig. 12. Curve 1 u. 2: Einfache Zuchungen,
» 3: Summirte Zuckung.

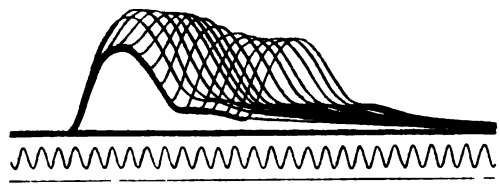


Fig. 13. Reihe summirter Zuckungen des belasteten Muskels (20 g).

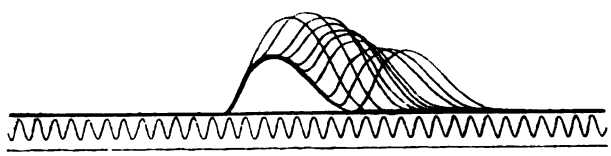


Fig. 14. Reihe summirter Zuckungen des unbelasteten ermüdeten Muskels.

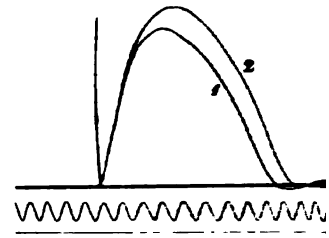


Fig. 3. Curve 1: Einfache
» 2: Summirte

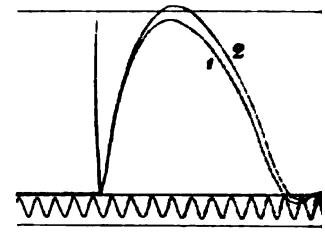


Fig. 4. Curve 1: Einfache Zu
» 2: Summirte

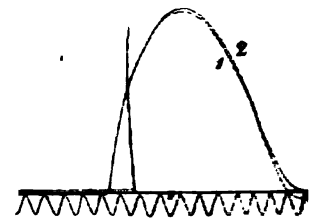


Fig. 5. Curve 1: Einfache
2: Summirte

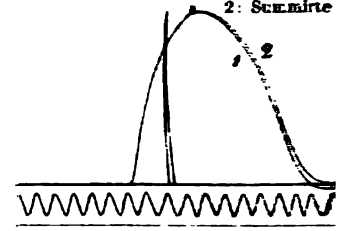


Fig. 6. Curve 1: Einfache Zu
» 2: Summirte

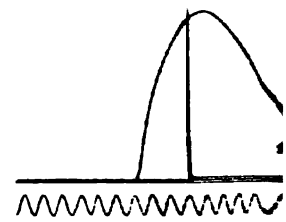


Fig. 7. Curve 1: Einfa
» 2 Sum

Tafel VI.

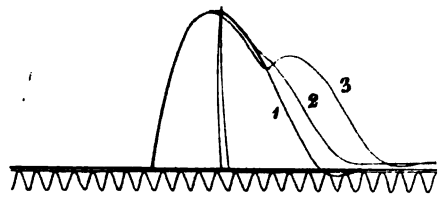


Fig. 8. Curve 1: Einfache Zuckung,
» 2 u. 3: Summirte Zuckung.

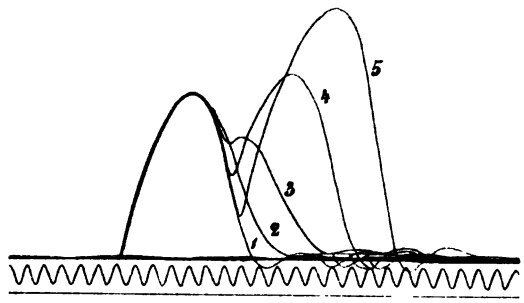


Fig. 9. Curve 1: Einfache Zuckung,
» 2, 3, 4, 5: Summirte Zuckung.

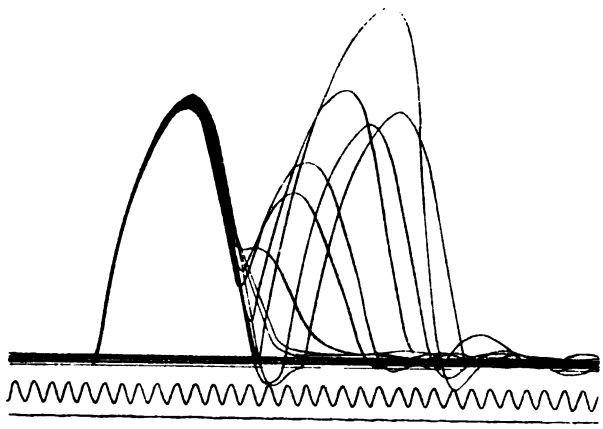


Fig. 10. Reihe summirter Zuckungen bei 30° C.

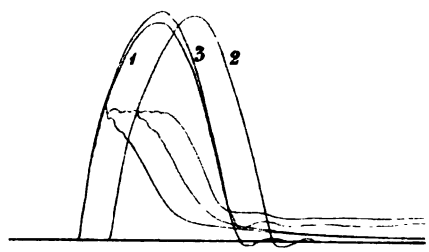


Fig. 11. Curve 1 u. 2: Einfache Zuckungen,
» 3: Summirte Zuckung.

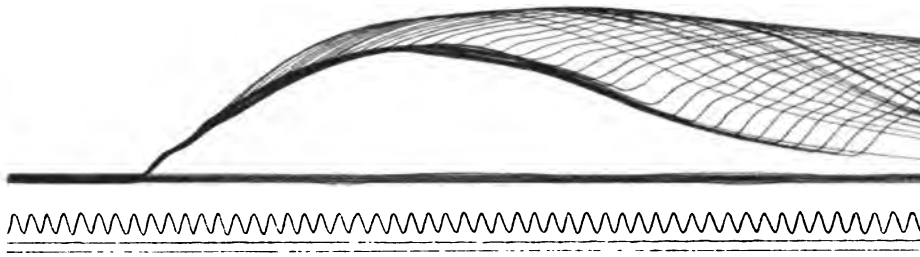


Fig. 15. Reihe von summirten Curven des a

Fig. 16. Reihe summirter Curven des unbelasteten M. Gastroknemius einer Kröte.

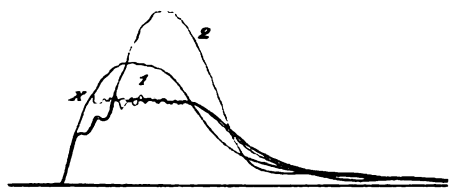


Fig. 17. Curve 1: Freie Zuckung,
» 2: Zuckung m. Anfangshemmg.
Bei x: Anschlag.

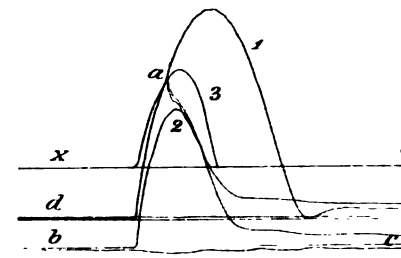


Fig 19. Curve 1: Freie unbelastete Zuckung,
» 2: Freie belastete »
» 3: Belastete unterstützte Zuckg
Bei a zweiter Fusspunkt.

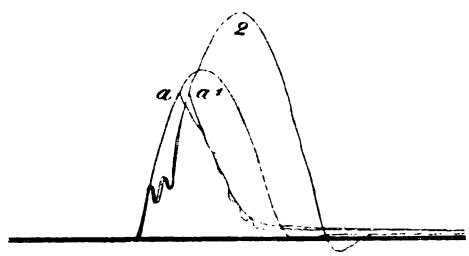


Fig. 18. Curve 1: Freie Zuckung,
» 2: Zuckung m. Anfangshemmg.
Bei a a zweiter Fusspunkt.

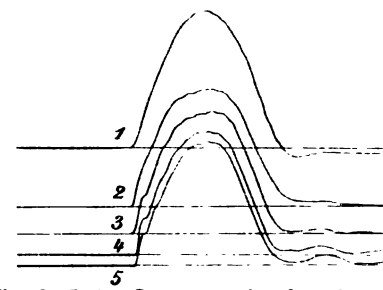


Fig. 25. Isoton. Curven m. steigender Belastung
Curve 1: Unbelastet,
» 2: $\frac{20}{6}$ g,
» 3: $\frac{40}{6}$ g,
» 4: $\frac{60}{6}$ g,
» 5: $\frac{80}{6}$ g.

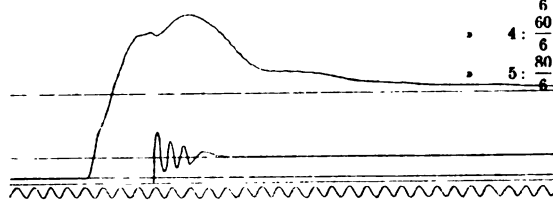
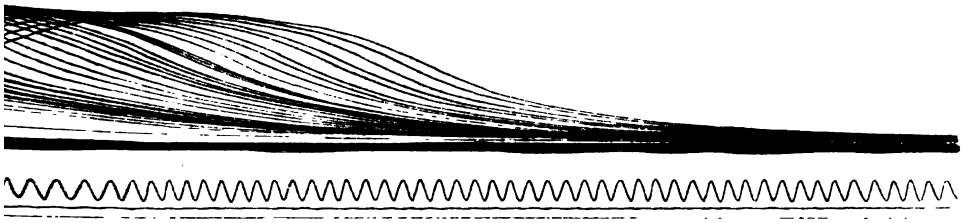


Fig. 21. Curvengipfel unter dem zweiten Fusspunkt.
Entlastung auf dem Gipfel.

Druck von R. Oldenbourg

Tafel VII.



C. abgekühlten Muskels.

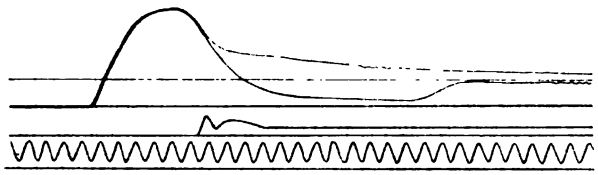


Fig. 20. Curvengipfel auf dem zweiten Fusspunkt. Entlastung im absteigenden Schenkel.

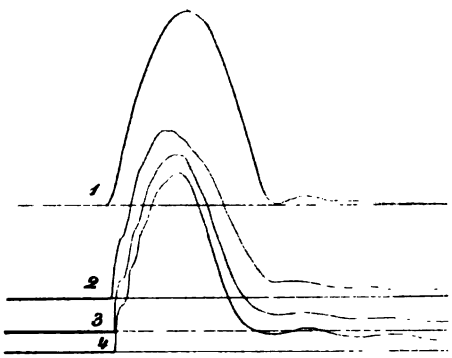


Fig. 21. Isoton. Curven m. steigender Belastung Resculenta.
Curve 1: Unbelastet, Curve 3: $\frac{100}{6}$ g,
» 2: $\frac{50}{6}$ g, » 4: $\frac{150}{6}$ g.

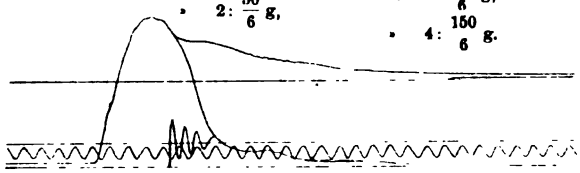


Fig. 22. Dieselbe Curve wie Fig. 21; Entlastung im absteigenden Schenkel.

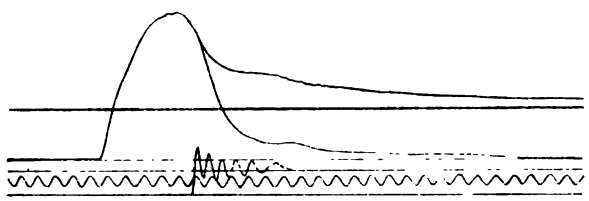


Fig. 23. Dasselbe wie Fig. 22.

werden müssen, sind ganz ausserordentliche; handelt es sich doch um das Zusammenwirken einer ganzen Anzahl unbekannter Kräfte, deren Antheil an der Bewegung für jeden Moment derselben bestimmt werden soll. Dazu kommt dann noch die Abhängigkeit dieser Kräfte von äussern Bedingungen, von Temperatur, Belastung und Reizgrösse.

I. Die Abhängigkeit der Lage des zweiten Fusspunktes von der Reizgrösse.

In meinen Untersuchungen zur Analyse der Zuckungscurve[1]) habe ich den Nachweis geführt, dass die durch einen maximalen Reiz im Muskel ausgelöste Contractionskraft schon im Verlaufe des aufsteigenden Schenkels, resp. am Gipfel der Zuckungscurve erlischt, wenn der Muskel nur durch den leichten Schreibhebel, also minimal belastet ist. Ich habe diesen Punkt im aufsteigenden Schenkel als zweiten Fusspunkt des Muskels bezeichnet und gezeigt, dass der geometrische Ort dieses Punktes unabhängig ist von Temperatur und Belastung.

Die nächste Frage, die beantwortet werden muss, betrifft die mechanische Bedeutung des zweiten Fusspunktes. Ist dieser ein Ausdruck morphologischer Eigenthümlichkeiten des Muskels oder ist er eine Function der Contractionskraft? Die bekannte Thatsache, dass innerhalb gewisser Grenzen nicht nur die mechanische Arbeit, sondern auch die Wärmeentwicklung mit der Belastung wächst, deutet, unter Berücksichtigung der Unabhängigkeit der Lage des zweiten Fusspunktes von der Belastung, auf eine morphologische Grundlage des letzteren. Allein das Product aus Hubhöhe und Last ist nicht die einzige Arbeit, die der Muskel bei seiner Verkürzung leistet, und diese Arbeit wird, wie wir später sehen werden, nicht nur von der Contractionskraft verrichtet.

Die Frage lässt sich indessen mit aller Sicherheit experimentell entscheiden. Wir haben in der wechselnden Reizgrösse, sei es durch untermaximale oder durch Doppelreize ein Mittel, die im Muskel ausgelöste Contractionskraft unter sonst gleichen

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 96 S. 157.

Bedingungen zu variiren. Die experimentell zu beantwortende Frage lautet also: wo liegt der zweite Fusspunkt in untermaximalen und in summirten Zuckungen?

Es sollen zunächst die untermaximalen Zuckungen untersucht werden.

Die Versuche wurden sehr einfach so ausgeführt, dass der nur mit dem Hebel (0,3 g) belastete Gastroknemius zuerst durch einen maximalen, dann durch einen untermaximalen Oeffnungsinductionsschlag von seinem Nerven aus erregt wird. Beide Zuckungen wurden dann vermittelst Anschlag auf den zweiten Fusspunkt hin untersucht, wie ich das früher beschrieben habe. Die Curven Fig. 1 und 2 geben einen derartigen Versuch wieder. Zur Gewinnung der maximalen Zuckung befand sich der Eisenkern in der primären Rolle des Inductoriums, und der Rollenabstand betrug 160 mm; dann wurde der Eisenkern entfernt, der Rollenabstand auf 410 mm vergrössert und damit die Curve Fig. 2 gezeichnet. Die Prüfung mit dem Anschlag ergab nun in der That, wie das aus den Curven ohne Weiteres zu ersehen ist, dass für die untermaximale Zuckung der zweite Fusspunkt wesentlich tiefer liegt als in der maximalen Zuckung.

Höhe der maximalen Zuckung . . 23,5 mm,
» » untermaximalen Zuckung . 10,5 »

Höhe des zweiten Fusspunktes über der Abscisse
bei der maximalen Zuckung . . . 15,5 mm,
» » untermaximalen Zuckung . 7,0 » .

Es verhalten sich also die Hubhöhen zu einander wie die Abstände der zweiten Fusspunkte von den Abscissen. Ein Verhältniss, das auch in andern Versuchen sich mit gleicher Genauigkeit wiederholte. Aus den weiteren Untersuchungen ging nun hervor, dass der Abstand des zweiten Fusspunktes von der Abscisse mit der Reizstärke wächst, so lange auch die Verkürzung mit der Reizstärke zunimmt. Es ist demnach der geometrische Ort des Fusspunktes eine Function der Reizstärke oder richtiger der durch den Reiz ausgelösten Contractionskraft.

Ehe ich auf diese bedeutungsvolle und wichtige Beziehung weiter eingehe, soll erst noch der Einfluss von Doppelreizen auf die Lage des zweiten Fusspunktes untersucht werden.

Die mehrfache Reizung des unbelasteten Muskels führt zu Resultaten, die nicht nur die Abhängigkeit der Lage des zweiten Fusspunktes von der Reizgrösse bestätigen, sondern auch weitere Belege liefern für die anderen früher gefundenen Gesetzmässigkeiten.

Erregen wir einen unbelasteten, stubenwarmen oder höher temperirten Muskel direct oder indirect durch zwei maximale kurz auf einander folgende Reize, deren zeitlicher Abstand allmählich zunimmt, so treten Summationserscheinungen auf, die sich von den bekannten summirten und superponirten Zuckungscurven wesentlich unterscheiden.

Erfolgt der zweite Reiz sehr rasch auf den ersten, etwa 0,001″ bis 0,002″ nach Beginn der Zuckung, so beobachtet man noch eine Zunahme der Zuckungshöhe (Fig. 3 und 4). Erfolgt der zweite Reiz später, etwa 0,015″ bis 0,02″ nach Beginn der Zuckung, so wird die Zunahme der Höhe der summirten Zuckung sehr unbedeutend (Fig. 5 u. 6). Nach 0,03″ unterscheidet sich die summirte Zuckung von der einfachen nicht mehr durch eine grössere Hubhöhe, sondern nur dadurch, dass der absteigende Schenkel der summirten Zuckung in seinem untern Abschnitt etwas weniger steil verläuft und die Abscisse nicht vollständig erreicht! (Fig. 7 und 12.)

Der zuletzt erwähnte Umstand, der auch an den vorhergehenden summirten Zuckungen auftritt, ist, so unbedeutend er auch erscheinen mag, von grösster Wichtigkeit: er zeigt uns an, dass trotz der geringen äusseren Verschiedenheit der einfachen und der summirten Zuckung doch eine wesentliche Differenz zwischen beiden Zuckungen besteht, auf die wir gleich zurückkommen werden.

Rücken wir den zweiten Reiz immer noch weiter hinaus, so nimmt die Steilheit des absteigenden Schenkels noch mehr ab, bis sich aus ihm eine mit dem Abstand der beiden Reize immer höher werdende Zuckung erhebt (Fig. 8 und 9). Erfolgt

der zweite Reiz erst, wenn der absteigende Schenkel schon fast die Abscisse wieder erreicht hat, so sehen wir eine Zuckung durch ihn ausgelöst, die beträchtlich höher ist als die einfache Zuckung, ja Höhen erreichen kann, welche die maximale Tetanushöhe übertreffen (Fig. 9 und 10). Der absteigende Schenkel dieser Curven geht tiefer unter die Abscisse als der der einfachen Zuckung.

Ich habe früher ausgeführt, dass das Absinken des absteigenden Schenkels der Zuckungscurve des unbelasteten Muskels unter die Abscisse darauf beruhe, dass sich der Muskel über den zweiten Fusspunkt hinaus verkürzt, dadurch Druckelasticität erzeugt, die den sich wieder ausdehnenden Muskel unter die Abscisse hinabschleudert. Wenn nun der absteigende Schenkel der summirten Zuckung, im Gegensatz zu dem der einfachen Zuckung, bei gleicher oder annähernd gleicher Hubhöhe die Abscisse nicht erreicht, so muss durch den zweiten Reiz irgend eine Veränderung in den wirksamen Kräften bedingt worden sein. Diese Veränderung gibt sich auf das Eclatanteste zu erkennen, wenn wir den zweiten Fusspunkt in der einfachen und in der summirten Zuckung bestimmen. Es zeigt sich nämlich, dass da, wo in den einfachen Zuckungen die Verkürzungskraft gleich Null wird, in der summirten Zuckung noch Verkürzungskraft vorhanden ist, so dass der gegen den Anschlag fahrende Hebel nicht wie bei der einfachen Zuckung unmittelbar nach dem Anschlage geradlinig zur Abscisse absinkt, sondern eine Zeit lang an der Hemmung liegen bleibt (Fig. 11). Der zweite Fusspunkt der summirten Zuckung liegt über dem der einfachen Zuckung. Die Summation der Reize bedingt, ebenso wie sie eine Steigerung der Contractionskraft erzeugt, eine Lageveränderung des zweiten Fusspunktes!

Trifft der zweite Reiz den Muskel erst dann, wenn durch Hinausgehen der durch den ersten Reiz ausgelösten Contraction über den zweiten Fusspunkt Druckelasticität geweckt worden ist, so wird die weitere Bewegung des Muskels bedingt durch die algebraische Summe der beiden entgegengesetzt gerichteten

Beschleunigungen. Wird der Muskel erst dann vom zweiten Reiz erregt, wenn der absteigende Schenkel schon fast die Abscisse wieder erreicht hat, so wirkt die nach abwärts gerichtete aus der Druckelasticität stammende Geschwindigkeit wie eine »Anfangshemmung« auf die zweite Contraction, und dementsprechend sehen wir die Zuckung weit über die erste hinausgehen.

Wird der Muskel erwärmt, so zieht er sich weiter über den zweiten Fusspunkt hinaus zusammen als der niedriger temperirte Muskel. Die Grösse der geweckten Druckelasticität nimmt also mit der steigenden Temperatur zu, und alle von der Druckelasticität bestimmten Erscheinungen machen sich bei dem erwärmten Muskel in erhöhtem Maasse geltend (vergl. Fig. 10).

Erniedrigt man dagegen die Temperatur des Muskels, kühlt ihn auf 0° C. ab, so verkürzt sich der Muskel nicht über den zweiten Fusspunkt hinaus und es fehlen dementsprechend alle von der Druckelasticität abhängigen Erscheinungen (Fig. 15). Der Krötenmuskel, dessen einfache Zuckung der des abgekühlten Froschmuskels sehr ähnlich ist, verhält sich Doppelreizen gegenüber ganz anders. Die summirte Zuckung des Krötenmuskels ist sehr viel höher als dem Helmholtz'schen Gesetze entspricht; sie ist um so höher, je rascher die beiden Reize auf einander folgen, nimmt also mit wachsendem Abstand der Reize an Höhe ab (Fig. 16).

Der belastete Muskel (Fig. 13) und der ermüdete unbelastete Muskel (Fig. 14) zeigen die gewöhnlichen, im Allgemeinen der Helmholtz'schen Regel folgenden Summationserscheinungen.

Die Versuche mit untermaximalen und Doppelreizen ergeben also, dass die Lage des zweiten Fusspunktes abhängig ist von der Grösse der durch den Reiz ausgelösten Contractionskraft. Nimmt diese zu, so wird der Abstand des zweiten Fusspunktes von der Abscisse grösser, wird die Contractionskraft geringer, so nähert sich der zweite Fusspunkt der Abscisse. Ändert sich demnach unter wechselnden Bedingungen für denselben Muskel der geometrische Ort des zweiten Fusspunktes nicht, so müssen wir daraus schliessen, dass

jene Bedingungen die Grösse der Contractionskraft nicht beeinflussen!

Diese Erkenntniss steht in directem Widerspruch zu den Schlüssen, die Heidenhain [1]) und Fick [2]) aus ihren Untersuchungen über mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung des Muskels gezogen haben. Um diesen Widerspruch zu lösen, soll im nächsten Abschnitt zunächst der vielumstrittene Einfluss der Belastung auf den Contractionsvorgang der mechanischen Analyse unterworfen werden.

Ehe ich dazu übergehe, möchte ich noch auf eine andere Form der Muskelzuckung hinweisen, bei der ebenfalls Zunahme der Zuckungshöhe mit gesteigerter Wärmeentwicklung einhergeht: — Lassen wir einmal einen Muskel frei zucken, ein zweites Mal so, dass wir den Muskel auf der Abscisse, oder nachdem er sich ein wenig verkürzt hat, eine Zeit lang festhalten und dann freigeben, so beobachtet man bei dieser Zuckung mit Anfangshemmung nicht nur eine bedeutendere Zuckungshöhe, sondern auch eine gesteigerte Wärmeentwicklung. Lassen wir in beiden Fällen den Hebel in gleicher Höhe über der Abscisse gegen eine Hemmung schlagen, so bleibt beide Male der Hebel gleich lange an der Hemmung liegen und sinkt in gleicher Curve zur Abscisse ab (Fig. 17). Bei der Prüfung der Zuckung mit Anfangshemmung auf ihren zweiten Fusspunkt finden wir ihn in identischer Lage mit dem der freien Zuckung (Fig. 18). Eine Zunahme der Verkürzungskraft findet also durch die »Spannungszunahme während der Zuckung« trotz der grösseren Hubhöhe und gesteigerten Wärmeentwicklung nicht statt. Die grössere Zuckungshöhe beruht darauf, dass der Muskel, wenn die Anfangshemmung aufhört, mit der Geschwindigkeit sich contrahirt, die aus der Summe der Beschleunigungen von dem Moment der Hemmung bis zum Freigeben von dieser resultirt.

Hierher gehört noch eine Beobachtung, die auch für die Beantwortung später zu stellender Fragen von Interesse ist.

1) Heidenhain, Mechan. Leistung, Wärmeentwickl. etc. Leipzig 1864.
2) Fick, Mechan. Arbeit u. Wärmeentwickl. etc. Leipzig 1882.

v. Kries[1]) und v. Frey[2]) haben gezeigt, dass durch geeignete Unterstützung eines belasteten Muskels die Zuckungshöhe zunimmt und so gross werden kann wie die Tetanushöhe. Der Versuch wird so ausgeführt, dass vermittelst einer unter dem Muskel angebrachten Stellschraube der Hebel auf eine beliebige Höhe eingestellt wird. Dadurch wirkt die Belastung erst dann auf den Muskel, wenn dieser anfängt, den Hebel von der Unterlage abzuheben. Ich habe im Anschluss an diese Beobachtung folgenden Versuch ausgeführt, der in Fig. 19 wiedergegeben ist. Es wurde zunächst eine Zuckung des unbelasteten Muskels aufgeschrieben und vermittelst Anschlag der zweite Fusspunkt bestimmt (Curve 1). Darauf wurde der Muskel belastet (20 g a. d. Axe) und von der Dehnungsabscisse *b*—*c* aus eine Zuckung aufgeschrieben, deren Gipfel unter dem zweiten Fusspunkt des unbelasteten Muskels liegt (Curve 2). Dann wurde mit Hülfe der Stellschraube der Hebel auf die Abscisse *d*—*e* gehoben und wieder eine Zuckungscurve gezeichnet, deren Gipfel jetzt über dem zweiten Fusspunkt des unbelasteten Muskels liegt (Curve 3). Wurde jetzt eine Anschlagszuckung aufgeschrieben, so zwar, dass der Anschlag genau auf der Höhe des zweiten Fusspunktes des unbelasteten Muskels erfolgte, so zeigte sich, dass der belastete und in der beschriebenen Weise unterstützte Muskel denselben zweiten Fusspunkt hatte wie der unbelastete Muskel.

2. Der Einfluss der Belastung auf die Contraction.

Belastet man einen ruhenden Muskel durch ein Gewicht, so wird der Muskel gedehnt, bis die geweckte Dehnungselasticität der dehnenden Last das Gleichgewicht hält. Diese Dehnungselasticität repräsentirt potentielle Energie, entstanden aus der negativen Arbeit, die das dehnende Gewicht an dem Muskel geleistet hat.

Bezeichnet man das Gewicht der Last mit p, ihre Maasse mit m, die Beschleunigung durch die Schwere mit g, so ist $m \cdot g = p$ die »bewegende Kraft« der Last. Dieser bewegenden

1) v. Kries, Du Bois' Archiv Bd. 86.
2) v. Frey, Du Bois' Archiv Bd. 87.

Kraft der Last wirkt die geweckte Dehnungselasticität des Muskels entgegen, und da das System sich in Ruhe befindet, so ist die bewegende Kraft der Dehnungselasticität ebenfalls gleich $m \cdot g$.

Wird nun der Muskel durch einen Reiz erregt, so werden Kräfte in ihm ausgelöst, welche der angehängten Last eine Beschleunigung ertheilen, die der bewegenden Kraft des Gewichtes entgegengerichtet ist. Bezeichnen wir diese Beschleunigung durch die Contractionskraft mit γ, so ist die bewegende Kraft des Gewichtes, mit welcher es auf die elastischen Theilchen des Muskels wirkt, wenn der Muskel sich in Folge der Reizung contrahirt, nicht mehr gleich $m \cdot g$, sondern gleich $m\ (g—\gamma)$. Die Last hält demnach der durch sie in der Ruhe geweckten Dehnungselasticität nicht mehr das Gleichgewicht. Die Folge davon ist, dass die potentielle Energie der Dehnungselasticität sich in kinetische verwandelt und Arbeit leistet.

Wenn wir also einen durch ein Gewicht gedehnten Muskel durch einen Reiz zur Verkürzung bringen, so erfolgt diese nicht nur durch die durch den Reiz ausgelöste Contractionskraft, sondern auch durch die elastische Kraft, welche durch Dehnung des ruhenden Muskels erzeugt worden ist.

Die experimentelle Bestätigung dieses aus dem Newton'schen Gegenwirkungsprincip abgeleiteten Satzes beruht auf dem Nachweise, dass der thätige Muskel, so lange er kürzer ist, als seiner unbelasteten Ruhelänge entspricht, sich nicht in gedehntem Zustande befindet.

Belastet man einen Muskel so zwar, dass der Gipfel der Curve mit dem zweiten Fusspunkt zusammenfällt und entlastet auf dem Gipfel, so tritt keine Entlastungszuckung auf[1]), wodurch für diesen bestimmten Fall erwiesen ist, dass der Muskel sich auf dem Gipfel der Zuckung nicht in gedehntem Zustande befindet. Die Curve (Fig. 20) zeigt, dass man unter gleichen Bedingungen die Entlastung auch im Verlaufe des absteigenden Schenkels eintreten lassen kann, ohne dass eine Zuckung als

1) Zeitschr. f. Biol. 1896, S. 166.

Folge der Entlastung auftritt. Erst wenn der absteigende Schenkel unter die Abscisse der Ruhelänge des unbelasteten Muskels gesunken ist, zuckt der Muskel bei Entlastung.

Belastet man den Muskel mit grösseren Gewichten, so dass der Curvengipfel unter dem zweiten Fusspunkt liegt und entlastet auf dem Gipfel, so tritt eine Entlastungszuckung auf. Dass diese nicht auf Dehnungselasticität, sondern auf noch vorhandener Contractionskraft beruht, habe ich bisher nur mit Hülfe theoretischer Betrachtung wahrscheinlich machen können[1]); experimentell lässt sich der Nachweis auf folgende Weise führen: —

Belastet man den Muskel so, dass der Curvengipfel unter dem zweiten Fusspunkt liegt, so ist auf dem Gipfel noch Contractionskraft vorhanden, und der Muskel zuckt bei der Entlastung. Hat man nun die Belastung nicht zu gross gewählt, so wird die Verkürzungskraft jenseits des Curvengipfels im absteigenden Schenkel sehr bald gleich Null. Entlastet man in diesem Moment (oder später), so muss sich vorhandene Dehnungselasticität durch eine Entlastungszuckung geltend machen. Verkürzt sich aber im Augenblicke der Entlastung nicht, so muss daraus geschlossen werden, dass eine elastische Dehnung des Muskels durch das angehängte Gewicht während der Zuckung nicht stattfindet.

Die Curven Fig. 21, 22 und 23 zeigen den Erfolg derartiger Versuche. Das an der Axe angebrachte Gewicht wirkte auf den Muskel gleich einer Spannung von 10,0 g. Bei der Entlastung auf dem Gipfel (Fig. 21) zeigte sich eine Entlastungszuckung. Wurde jenseits des Curvengipfels im Verlaufe des absteigenden Schenkels entlastet, so trat keine Entlastungszuckung auf, sondern der Hebel sank, ohne eine Erhebung zu zeigen, zur Abscisse ab (Fig. 22 und 23).

Die hierdurch sicher gestellte Thatsache, dass der Muskel, während er unter Belastung zuckt, sich nicht in gedehntem Zustande befindet, ist, wie weitere Betrachtung lehren wird, für

1) a. a. O. S. 166.

die Erkenntniss des Contractionsvorganges von weittragendster Bedeutung!

Zunächst folgt aus dieser Thatsache, dass bei der Untersuchung der Kräfte, die bei der Zuckung des belasteten Muskels wirksam sind, immer zwei Factoren unterschieden werden müssen: 1. Die eigentliche, specifische Contractionskraft des Muskels und 2. die durch das belastende Gewicht geweckte Dehnungselasticität.

Nur die erstere, die specifische Contractionskraft, stammt aus dem chemischen Umsatz, der in Folge eines Reizes im Muskel stattfindet, sie ändert sich mit der wechselnden Belastung nicht, sie allein bestimmt die Lage des zweiten Fusspunktes.

Die Dehnungselasticität ist eine rein physikalische Erscheinung, sie stammt aus der negativen Arbeit, die das dehnende Gewicht am Muskel leistet; sie nimmt mit der Belastung zu und trägt also offenbar dazu bei, dass innerhalb gewisser Grenzen die Zuckungshöhe mit der Belastung wächst.

Dass das Haidenhain'sche Phänomen, die Zunahme der Zuckungshöhe mit der Belastung, nicht auf die grössere Dehnungselasticität allein zurückgeführt werden kann, liegt auf der Hand. Die von der Dehnungselasticität bei der Contraction geleistete positive Arbeit muss kleiner sein als die negative Arbeit, welche sie erzeugt; einen bestimmten Antheil an der Erscheinung hat sie aber jedenfalls.

Ich habe die Zunahme der Zuckungshöhe mit der Belastung in Zusammenhang gebracht mit der durch die grössere Belastung verzögerten Entwicklung und dadurch längeren Dauer der Verkürzungskraft. Dafür möchte ich noch eine Erscheinung geltend machen, die in den schon früher mitgetheilten Curven hervortritt, die ich aber noch nicht berücksichtigt habe:

Schreibt man unter isotonischen Bedingungen Zuckungscurven mit steigender Belastung auf, so macht sich, wie ich das bereits hervorgehoben habe, ein Unterschied in der Temperatur dahin geltend, dass bei niedrigerer Temperatur (0° C.) schon durch geringe Zunahme der Belastung (20 g a. d. Axe $= \frac{20}{6}$ g

am Muskel) das Heidenhain'sche Phänomen auftritt, während bei höherer Temperatur (15° C.) die Erscheinung erst bei bedeutenderen Belastungen (70 g a. d. Axe) beobachtet wird. Vergleichen wir nun die Lage der Gipfel der beiden Curvenreihen, so sehen wir, dass bei den Curven des abgekühlten Muskels die Zeit vom Beginn der Zuckung bis zum Curvengipfel schon bei geringer Belastung (20 g a. d. Axe) wächst, während bei Zimmertemperatur die Vergrösserung jener Zeit erst bei derjenigen Belastung auftritt, die auch das Heidenhain'sche Phänomen hervortreten lässt. (Vergl. Zeitschr. f. Biolog. 1896, Tafel II, Fig. 8 u. 8a.)

Theoretische Betrachtungen.

Die Thatsache, dass die durch Belastung des Muskels erzeugte Dehnungselasticität verschwindet, wenn der Muskel sich über seine Ruhelage im unbelasteten Zustande hinaus verkürzt, ermöglicht uns auch über die Natur der specifischen Contractionskraft des Muskels etwas auszusagen: Wir müssen aus dieser Thatsache den Schluss ziehen, dass die durch Reizung eines Muskels in diesem ausgelösten Contractionskräfte angreifen an festen, nicht merklich dehnbaren Theilchen, die durch elastische Theilchen mit einander verbunden sind. Nur unter diesen Bedingungen ist es möglich, dass sich der Muskel während der Zuckung nicht in gedehntem Zustande befindet. Daraus folgt aber wiederum mit Nothwendigkeit, dass es sich bei der Contraction des Muskels (abgesehen von der durch die Belastung erzeugten Dehnungselasticität) nicht um elastische Kräfte handeln kann. Unter elastischen Kräften verstehe ich dabei solche, die durch Deformation eines Körpers entstehen.

Ist $m \cdot g$ die bewegende Kraft des den Muskel dehnenden Gewichtes p, so wird, wie wir gesehen haben, die bewegende Kraft des Gewichtes gleich $m\ (g - \gamma)$, wenn γ die Beschleunigung darstellt, die dem Gewicht durch Verkürzung des Muskels ertheilt wird.

Ist γ grösser als g, so wird der Curvengipfel über der Abscisse des ruhenden unbelasteten Muskels liegen; ist γ gleich g,

so wird sich der Muskel nur bis zu der genannten Abscisse zusammenziehen; ist γ schliesslich kleiner als g, so wird der Curvengipfel unter der Abscisse der Ruhelänge des unbelasteten Muskels liegen. Wie gross aber auch immer das belastende Gewicht sein mag, sobald γ grösser wird als Null, also überhaupt nur irgend einen positiven Werth bekommt, muss eine Verkürzung des Muskels eintreten, d. h. es wird bei den verschiedensten Belastungen eine minimale Verkürzung immer durch denselben minimalen Reiz herbeigeführt werden können. Das ist eine Thatsache, die bekanntlich zuerst von Hermann[1]) festgestellt und später von Kronecker[2]) und Tiegel[3]) bestätigt worden ist.

Hermann hat die von ihm beobachtete Erscheinung mathematisch aus dem Weber'schen Gesetz abgeleitet, nach welchem die Dehnbarkeit des Muskels während seiner Thätigkeit zunimmt. Nach den von mir mitgetheilten Beobachtungen ist es offenbar nicht mehr gerechtfertigt, die Verlängerung des thätigen Muskels durch steigende Belastung mit der Dehnbarkeit des ruhenden Muskels zu vergleichen!

Aus den Untersuchungen über den zweiten Fusspunkt geht hervor, dass die durch den Reiz ausgelöste Contractionskraft gleich Null wird, also erlischt, wenn die festen Theilchen, an denen die Contractionskräfte angreifen, sich bei der Contraction um einen gewissen Betrag genähert haben. Die Grösse dieses Betrages ist abhängig von der Contractionskraft, je grösser diese desto mehr können sich jene festen Theilchen, die ich der Kürze wegen als Dynamophoren, Kraftträger, bezeichnen will, einander nähern, ohne dass die Contractionskraft erlischt; je schwächer diese ist, desto geringer ist die mögliche Annäherung des Dynamophoren.

Wird der Muskel belastet, so werden die Dynamophoren durch Dehnung der sie verbindenden elastischen Theilchen von einander entfernt, um so mehr, je grösser die Belastung. Aus diesem grösseren Abstand der Dynamophoren von einander

1) L. Hermann, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1861 S. 369.
2) Kronecker, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1871 S. 770.
3) Tiegel, daselbst 1875 S. 26.

möchte ich die Verzögerung der Entwicklung der Verkürzungskraft durch die Belastung erklären. Wir können daraus sofort verstehen, warum die Abkühlung des Muskels das Auftreten des Heidenhain'schen Phänomens so sehr begünstigt. Der abgekühlte Muskel ist dehnbarer als der höher temperirte. Bei dem abgekühlten Muskel erzeugen also schon geringere Belastungen Dehnungen, die beim wärmeren Muskel erst durch viel grössere Gewichte erzielt werden können. Bei gleicher Belastung sind demnach die Dynamophoren des Muskels bei niedriger Temperatur weiter von einander entfernt als bei höherer. (Dass die Abkühlung an und für sich schon eine Verlangsamung des ganzen Processes bedingt, sehen wir aus den Versuchen mit unbelastetem Muskel).

Mit wachsender Reizstärke nimmt unter sonst gleichen Bedingungen innerhalb bestimmter Grenzen die Höhe der Zuckung, also auch die durch den Reiz ausgelöste Contractionskraft zu. Mit der Contractionskraft ändert sich die Höhe des zweiten Fusspunktes; dieser ist also eine Function jener, so dass bei gleicher Contractionskraft auch die Höhe des zweiten Fusspunktes unverändert bleibt. Variiren wir die Bedingungen, unter denen der Muskel zuckt und beobachten dabei keine Veränderung in der Höhe des zweiten Fusspunktes, so folgt daraus mit Nothwendigkeit, dass jene Bedingungen ohne Einfluss auf die Grösse der durch den Reiz ausgelösten Contractionskraft sind.

Durch wechselnde Belastung erfährt der geometrische Ort des zweiten Fusspunktes keine Veränderung, dadurch werden wir nothwendig zu dem Schluss geführt, dass die Belastung keinen Einfluss hat auf die Grösse der durch den Reiz ausgelösten Contractionskraft.

Dieses Ergebniss unserer Untersuchungen steht in directem Widerspruch zu den Folgerungen, die man aus den Untersuchungen über mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit gezogen hat. Heidenhain[1]) hatte sich die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, wie das Verhältniss von Arbeit und freier Wärme sich ändere, wenn unter

1) Heidenhain, Mech. Leitung, Wärmeentwickl. etc. Leipzig, 1864.

sonst gleichen Bedingungen (gleiche Reizstärke, gleiche Erregbarkeit) nur die Belastung variirt wird. Heidenhain erwartete ein reciprokes Verhältniss zwischen Arbeit und freier Wärme zu finden. Als sich aber herausstellte, dass mit der Arbeit auch die freie Wärme zunahm, schloss Heidenhain daraus, dass nicht nur die Reizstärke, sondern vor allem auch die Belastung das Maass des chemischen Umsatzes und damit auch der Contractionskraft bestimme.

Wenn man die Kräftegleichung des Muskels aufstellt und dieser die Form giebt: »Verbrennungswärme = Arbeit + freie Wärme«, so darf zunächst nicht übersehen werden, dass die »Arbeit« nicht nur aus dem Produkt Hubhöhe mal Last besteht, dass der Muskel vielmehr bei seiner Verkürzung neben dieser »äusseren Arbeit« auch »innere Arbeit« leistet.

Diese »innere Arbeit« besteht im Wesentlichen in der Ueberwindung von im Muskel gelegenen Widerständen. Diese Widerstände müssen für den unbelasteten Muskel ganz ausserordentlich grosse sein. Die Bewegung der Massentheilchen des Muskels ist bis zu der Höhe des zweiten Fusspunktes eine beschleunigte; trotzdem wird die Zuckungscurve sehr bald concav gegen die Abscisse, es nimmt also ungeachtet der Beschleunigung die Geschwindigkeit ab. Gleichwohl ist die lebendige Kraft der Massentheilchen des Muskels in der Höhe des zweiten Fusspunktes noch so gross, dass sie elastische Widerstände zu überwinden vermag und Druckelasticität weckt, die so bedeutend ist, dass sie eine nachfolgende Zuckung mehr oder weniger vollständig zu vernichten im Stande ist.

Je weniger die Zuckungscurve über die Abscisse der Ruhelage des unbelasteten Muskels hinausgeht, desto geringer ist die Summe der innern Widerstände, die von dem Muskel bei seiner Verkürzung überwunden werden, desto geringer ist also die »innere Arbeit«. Diese nimmt demnach mit wachsender Belastung ab, und wenn in Folge der Belastung die von der Dehnungsabscisse aus gezeichnete Zuckung die Abscisse der Ruhelage des unbelasteten Muskels nicht mehr erreicht, so wird die innere Arbeit des Muskels nahezu gleich Null.

Dazu kommt noch, dass ein Theil der von dem belasteten Muskel bei seiner Contraction geleisteten »äussern Arbeit« auf Kräfte zurückgeführt werden muss, die gar nicht aus dem chemischen Umsatz des Muskels stammen. Die durch die Belastung in der Ruhe erzeugte Dehnungselasticität leistet, wie ich theoretisch und experimentell nachgewiesen habe, während der Zuckung positive Arbeit. Diese von der Dehnungselasticität geleistetete äussere Arbeit nimmt mit der Belastung zu und zwar nicht nur absolut, sondern auch relativ. Das heisst, der von der Dehnungselasticität geleistete Antheil an der äussern Arbeit ist um so grösser, je geringer das über der Abscisse der Ruhelage des unbelasteten Muskels liegende Stück der Zuckungscurve ist. Die Curven Fig. 24 und 25 lehren, dass es einer verhältnissmässig nur geringen Belastung bedarf, damit der Curvengipfel unterhalb jener Abscisse zu liegen kommt. Die Curven Fig. 24 stammen von dem Gastroknemius einer grossen und kräftigen R. esculenta. Bei einer Belastung von nur 150,0 g an der Axe, das sind $\frac{150}{6} = 25{,}0$ g am Muskel, ist der über der Abscisse der Ruhelage des unbelasteten Muskels liegende Curvenantheil ein sehr geringer; in den Curven Fig. 25, die von dem Gastroknemius einer Temporaria gezeichnet sind, wird derselbe Effect schon mit einer Belastung von $\frac{80}{6} = 13{,}33$ g erzielt.

Ich glaube aus diesen Verhältnissen schliessen zu dürfen, dass, wenn auch die »äussere Arbeit« mit der Belastung wächst, die Gesammtsume der geleisteten Arbeit, die auf den durch den Reiz im Muskel ausgelösten chemischen Umsatz zurückgeführt werden darf, abnimmt. Damit wäre gezeigt, dass das von Heidenhain auf Grund des Gesetzes von der Erhaltung der Energie postulirte, reciproke Verhältniss zwischen Arbeit und freier Wärme in der That besteht.

Fick[1]) kommt auf Grund einer etwas andern Ueberlegung zu demselben Resultat wie Heidenhain. Fick sagt, wenn wir den Muskelakt so leiten, dass die mechanischen Effekte nach

1) Fick, Mech. Arbeit u. Wärmeentwicklung etc. Leipzig 1882.

aussen, Hub einer Last, Schleuderung einer Masse schliesslich wieder rückgängig werden, so muss schliesslich der ganze Effect der chemischen Arbeit in Wärmeerzeugung bestehen. Das ist natürlich, wenn alle Faktoren berücksichtigt werden, vollkommen einwandfrei. Die Nichtberücksichtigung der Arbeitsleistung durch die Dehnungselasticität, sowie die Vernachlässigung der »innern Arbeit« aber mussten Fick ebenso zu falschen Schlüssen führen wie Heidenhain.

Ganz vernachlässigt haben wir aber noch eine Kraft, die auch aus dem chemischen Umsatz des Muskels resultirt, das ist die im Muskel durch den Reiz hervorgerufene elektrische Bewegung. Auf welche Weise diese in die Kräftegleichung des thätigen Muskels einzuschalten ist, wage ich nicht zu discutiren. Was man allenfalls sagen kann ist Folgendes: Bei der beträchtlichen Stärke der Actionsströme und dem grossen specifischen Leitungswiderstand des Muskelgewebes wird jedenfalls ein nicht zu vernachlässigender Theil der freien Wärme als Produkt der elektrischen Bewegung aufzufassen sein. Bedenken wir nun, dass bei der Belastung des Muskels durch die Dehnung, die er erfährt, zwar nicht der specifische, wohl aber der absolute Leitungswiderstand des Muskels wächst (er ist dünner und länger), so wäre es wohl möglich, dass ein Theil der mit der Spannung zunehmenden Wärme auf Rechnung der elektrischen Kräfte zu setzen ist. Die Frage, ob wir auch einen Theil der chemischen Umsetzungen, z. B. die mit der Belastung zunehmende Säuerung des Muskels auf eletrische Vorgänge zurückführen müssen, ist jedenfalls nicht ohne Weiteres zu verneinen.

Zusammenstellung der Resultate.

I. Der geometrische Ort des zweiten Fusspunktes wird nur bestimmt durch die im Muskel ausgelöste Contractionskraft.

II. Die durch einen Reiz im Muskel ausgelöste Contractionskraft ist (bei unveränderter Erregbarkeit) ausschliesslich eine Function der Stärke dieses Reizes, mit dem sie innerhalb bestimmter Grenzen wächst. Die Contractionskraft ist im besonderen unabhängig von Temperatur und Belastung.

III. Bei der Contraction des belasteten Muskels wird ein Theil der äusseren Arbeit von der Dehnungselasticität geleistet, die das belastende Gewicht in der Rube erzeugt. Der absolute und der relative Antheil der Dehnungselasticität an der Arbeitsleistung des Muskels nimmt mit der Belastung zu.

IV. Die durch einen Reiz im Muskel ausgelösten contrahirenden Kräfte greifen an an festen, nicht merklich dehnbaren Theilchen, den Dynamophoren, die durch elastische Theilchen mit einander verbunden sind.

V. Die durch die Belastung bedingte Veränderung in der Entwicklung und Dauer der verkürzenden Kräfte ist zurückzuführen auf den von der Belastung abhängigen Abstand der Dynamophoren von einander.

Ueber Kalkausscheidung durch den Harn bei Diabetes.

Von

Ernst Tenbaum.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Marburg.)

Neben vielfachen Untersuchungen über die Kalkausscheidung durch den Harn in den verschiedensten Krankheiten und beim Hungernden finden sich in der Litteratur auch mehrfach Angaben über die Kalkausfuhr durch den Harn bei Diabetikern.

So fand Beneke[1]) bei einem 24 jährigen Manne, der seit 3½ Jahren an Diabetes litt, neben einer mittleren Harnmenge von 130 Unzen (3900 g) 23,426 Gran (1,4056 g) phosphorsauren Kalk (= 0,76 g CaO). Er glaubt, dass »die Oxalsäure die Lösung und vermehrte Ausscheidung von Erdphosphaten bewirke«.

Er fällte den Kalk aus essigsaurer Lösung mit oxalsaurem Kali aus, sammelte ihn auf einem Filter, trocknete ihn und führte ihn durch einige Tropfen concentrirter Schwefelsäure in schwefelsauren Kalk über, dessen Gewicht er bestimmte. Daraus berechnete er die Menge des phosphorsauren Kalkes.

Böcker[2]) untersuchte an 6 nicht aufeinander folgenden Tagen den Harn eines 30jährigen 55 kg schweren Diabetikers, der augenscheinlich eine schwere Form der Krankheit hatte, bei gemischter Kost und fand eine Vermehrung der Erdphosphate

1) Beneke, Zur Physiologie und Pathologie des phosphorsauren und oxalsauren Kalks. Göttingen 1850 S. 19.

2) Böcker, Untersuchungen über den Diabetes mellitus. Deutsche Klinik, Berlin 1853. Bd. 5 S. 359, 373, 381.

um das 3fache gegenüber dem Normalen. Die Kalkausscheidung schwankte zwischen 1,331 und 2,873 g phosphorsauren Kalk (= 0,721 und 1,557 CaO) pro die bei einer mittleren Harnmenge von 8000 g. Ausser dem phosphorsauren Kalk bestimmte er unter anderem in dem Harn: Zucker, Harnstoff, Chlornatrium, Phosphorsäure und phosphorsaure Magnesia.

Zum Vergleiche machte der Verfasser, welcher gleichaltrig mit dem Diabetiker, aber 73 kg schwer war, dieselben Bestimmungen von seinem eigenen Harn während zweier Versuchsperioden von je 7 Tagen, an denen er eine ähnliche gemischte Nahrung zu sich nahm, wie der Diabetiker. In der ersten Versuchsperiode nahm er 1260 g Wasser auf und schied im Mittel bei einer Harnmenge von 2621 ccm 0,724 g phosphorsauren Kalk (= 0,393 g CaO) aus; in der zweiten Periode nahm er 3360 g Wasser zu sich und schied bei dieser erhöhten Wasserzufuhr 0,841 g phosphorsauren Kalk (= 0,456 g CaO) aus.

Neubauer[1]) bestimmte bei einem 6jährigen, seit 6—8 Monaten mit Diabetes mellitus behafteten Kinde sowohl die absolute Menge der durch den Harn ausgeschiedenen Erdphosphate, als auch das Verhältniss der Kalk- zur Magnesia-Ausscheidung. Aus einer 9tägigen Versuchsperiode erhielt er folgende Mittelwerthe:

Harnmenge	Gesammt-Erdphosphate	3 CaO, PO_5	2 MgO, PO_5
2966	1,099	0,711	0,388

Daneben stellt er die normale Ausscheidung eines Erwachsenen nach seinen eigenen Bestimmungen:

Harnmenge	Gesammt-Erdphosphate	3 CaO, PO_5	2 MgO, PO_5
1395	0,9441	0,3098	0,6943

1) Neubauer, Ueber die Erdphosphate des Harns. Journ. f. prakt. Chemie, Leipzig 1856. Bd. 67 S. 64, 83.

Aus dem Vergleich der Durchschnittswerthe folgerte Neubauer:

1. dass »die Gesammtmenge der von diesem diabetischen Kinde entleerten Erdphosphate sogar die eines Erwachsenen um 0,155 g übersteigt«.

2. dass »in diesem Falle von Diabetes das Verhältniss von Kalk- zu Magnesiaphosphat 1,86 : 1 ist, also fast umgekehrt, wie bei dem Erwachsenen, bei welchem es nahezu 1:2 war«.[1])

Den Kalk bestimmte er folgendermaassen:

Er fällte aus der essigsauren Auflösung des phosphorsauren Kalks allen Kalk mit Ammoniumoxalat aus. Den oxalsauren Kalk trocknete er und glühte ihn im Platintiegel, löste ihn nach dem Erkalten in titrirter Salzsäure und bestimmte durch Titrirung mit gleichwerthiger Natronlauge die Menge des phosphorsauren Kalks.

Vogel[2]) fand in dem Urin eines Diabetikers neben beträchtlichen Zuckermengen an einem Tage die ganz enorme Menge von mehr als 30 g (?) Kalk und zwar in einer ungewöhnlichen Verbindung, die er für Kalksaccharat hält. In den folgenden Tagen soll sich der Kalkreichthum verloren haben.

Gaehtgens[3]) setzte einen 31jährigen Diabetiker, der im Mittel 47,36 kg wog und eine mässig schwere Krankheitsform hatte, und sich selbst (23 Jahre alt bei einem Körpergewicht von 55,18 kg) unter gleichen äusseren Bedingungen 15 Tage lang auf dieselbe gemischte Diät und bestimmte unter anderem die Kalkausfuhr durch den Harn nach Neubauer und Vogel.

»Am mittleren Versuchstage traten aus dem gesunden Organismus 0,801 g 3 CaO, P_2O_5 (= 0,434 g CaO), aus dem diabetischen 0,954 g CaO, P_2O_5 (= 0,518 g CaO), also 0,153 g

1) Gaehtgens gibt das Verhältniss von Kalk- und Magnesiaphosphat für den Gesunden umgekehrt zu 1,9 : 1 an.

2) Vogel, Krankheiten der harnbereitenden Organe. Handbuch der speciellen Pathologie u. Therapie. Erlangen 1856—65, I. Aufl. Bd. 6 2. Abth. S. 413, 498.

3) Gaehtgens. Ueber den Stoffwechsel eines Diabetikers verglichen mit dem eines Gesunden. Inaug.-Diss. Dorpat 1866 S. 70.

(= 0,084 g CaO) mehr als beim Gesunden. Auf 100 Theile ausgeschiedener Erdphosphate kommen für den Gesunden 65,76 % auf 3 CaO, PO_5, 34,24 % auf 2 MgO, PO_5, für den Diabetiker resp. 65,61 % und 34,39 %.

Dickinson[1]) fand »in einigen Fällen von Diabetes eine merkliche Steigerung der Kalkausfuhr, während in anderen Fällen diese Erde ihren normalen Betrag nicht überstieg«. Den Kalk bestimmte er:

a) durch Veraschung des Harns, b) durch Fällung.

Ich gebe seine Befunde in einem Auszuge seiner Tabellen. (Siehe folgende Tabelle.)

Tabelle I.

Alter und Geschlecht	Krankheitsform	Harnmenge	CaO
Mann	Nicht schwere Form; gemischte Diät	3360	0,115 a[1])
Mann	In der Besserung begriffen; gewöhnliche Diät. Sehr heisses Wetter	1000	0,408 a 0,423 b
Mann 58 Jahre	Nicht schwere Form; gewöhnliche Diät. Vor der Behandlung Harnsäure im Harn	1260	0,109 a
Derselbe	1 Monat später nach Diät und Gaben von Strychnin	1250	0,354 a
Mann 51 Jahre	Nicht schwere Form, seit 13 Jahren krank; zum Theil strenge Diät	3090	0,488 a
Mann 56 Jahre	Leichte Form; zum Theil strenge Diät	1450	0,185 a
Mann 29 Jahre	Schwere Form; strenge Diät; Kleienbrod; keine Medikamente	4260	2,227 a 2,19 b
Frau 34 Jahre	Mässig schwere Form; keine Complikationen, gemischte Diät; kein Medikament	1370	0,774
Mann 43 Jahre	Schwere Form; Patient sehr korpulent	2950	0,98
Frau 35 Jahre	Schwere Form; kein Medikament. Koma.	4950 4160 4980	3,19 2,76 3,38
Mann 63 Jahre	Nicht schwerer Fall. Hereditär.	6500	0,962
Mann 71 Jahre	Schwere Form. Diabetische Diät. Herannahen des Todes. Nicht diabetische Diät.	2270 1120	0,526 0,397

1) a = Bestimmung durch Veraschen des Harns, b = Bestimmung durch Fällen und Wägen.

1) Dickinson, Diseases of the Kidney und Urinary Derangements. Part I Diabetes. London 1875 S. 122.

Dickinson vermuthet, dass »die vermehrte Kalkausscheidung in einzelnen seiner Fälle nicht aus der Nahrung, sondern aus dem Körper stamme«; und zwar »dass eine Beziehung zwischen geistiger und krankhafter Erregung des Centralnervensystems und der Kalkausscheidung bestehe. Er nimmt an, dass bei einem Schwund cerebraler oder nervöser Substanz der im Gehirn befindliche Ueberschuss von Phosphorsäure sich in das Blut entlade, dort auf den Kalk, der sonst fest geblieben wäre, lösend einwirke und seine verfrühte Entladung in den Harn veranlasse«.

Zuelzer[1]) bestätigte auf Grund eigener Beobachtungen den Befund Dickinson's, »dass die Kalkabgabe bei Diabetes fast regelmässig, in schweren Fällen immer, absolut und relativ vermehrt ist«. Die relativen Werthe, die sich nach ihm meist über 2, nicht selten über 5—7 im 24stündigen Harn berechnen, beweisen ihm, dass die Vermehrung nicht nur von der grösseren Nahrungszufuhr abhängt. Er hält eine solche bedeutende Kalkausfuhr nur durch Abgabe von Knochen für möglich und glaubt, dass die im Darm sich bildende Milchsäure den Kalk der Knochen löse.

Toralbo[2]). Beim Diabetes mellitus fand Toralbo die überhaupt grösste Kalkausscheidung, nämlich bis zu 2,58 g CaO täglich. Als eine zweckmässige Diät eingeleitet wurde, ging mit den übrigen Krankheitssymptomen auch die tägliche Kalkausscheidung zurück.

v. Noorden[3]) »anders lautet das Resultat, welches van Ackeren bei einem Diabetiker der Gerhardt'schen Klinik in mehrtägigem Versuche erhielt (noch nicht publicirt). Es handelt sich um einen schweren Fall. Der Kranke schied im Harn und Koth sehr viel mehr P_2O_5 aus, als er aufnahm, und was besonders interessant, dem Fleischumsatz entsprach. Daraus

---

1) Zuelzer, Lehrbuch der Harnanalyse. Berlin 1880 S. 193.

2) Toralbo, Sull'eliminazione del Calcio per le urine. (Riv. clin. e terap. 1889, Juni. Centralbl. f. klin. Medizin 1890, No. 1 S. 19.

3) v. Noorden, Lehrbuch der Pathologie des Stoffwechsels. Berlin 1893, S. 416.

ist zu folgern, dass ein phosphorreicheres Gewebe als die Muskulatur zu Grunde ging. Die gleichzeitig in Nahrung, Koth und Harn ausgeführten Bestimmungen von CaO und MgO bestätigten die Vermuthung, dass es sich um Knochen handle. Der Verlust an Kalk war enorm. Wir waren der gleichen Erscheinung schon beim Hungernden begegnet. Die ausführliche Mittheilung des wichtigen und schönen Versuches wird manches Neue ergeben. Einstweilen sei daran erinnert, dass schon zahlreiche Angaben über hohe Kalkwerthe im diabetischen Harn vorliegen, z. B. fand Toralbo bis zu 2,58 g CaO pro die (normal 0,15—0,35 g). Da aber niemals der Kalk in Nahrung und Koth mitbestimmt war, liess sich über die Bilanz der Erden nichts aussagen«.

Eine Nachfrage bei Prof. v. Noorden ergab, dass die angeführte Arbeit noch nicht erschienen, auch wohl nicht erscheinen werde, da von Ackeren nach Amerika ausgewandert sei, bevor die Arbeit vollendet gewesen wäre.

Diese verschiedenen Befunde und die mannigfache Deutung derselben liess es wünschenswerth erscheinen, die Frage der Kalkausscheidung durch den Harn bei Diabetes an einer grösseren Anzahl von Kranken und in mehreren Versuchsreihen zu studiren, um so mehr, da die meisten dieser Angaben, abgesehen von den genauen Untersuchungen Gaehtgen's, an dem Mangel leiden, dass nähere Mittheilungen über Alter und Geschlecht, über Körpergewicht und Nahrung, über Schwere und Dauer der Krankheit, sowie über das Allgemeinbefinden der Kranken fehlen. Da die Versuche nur ganz vereinzelt gemacht sind, weder an einer genügenden Anzahl von Kranken, noch bei den einzelnen Patienten in einer genügenden Reihe aufeinanderfolgender Tage, ist man kaum zu Schlüssen aus obigen Untersuchungen berechtigt. Und so ist auch wohl aus diesem Mangel die verschiedene Beurtheilung der hohen Kalkbefunde zu erklären.

Diesem Mangel abzuhelfen, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit.

Es wurden 14 mit Diabetes mellitus behaftete Kranke in den Bereich der Untersuchung gezogen; sie waren von verschiedenem Alter und Geschlecht und es bestanden grosse Unterschiede in der Krankheitsform. Die Versuche wurden bei allen Patienten an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen gemacht, bei einigen auch in verschiedenen Stadien der Krankheit.

Neben der Kalkausscheidung wurde der Gehalt des Harnes an Zucker, Stickstoff, Ammoniak, Chlornatrium, Phosphorsäure und in einzelnen Fällen auch an Magnesia quantitativ bestimmt.

Ausführung der Bestimmungen.

1. Die Diät, welche nach anderen Gesichtspunkten geregelt war, wurde genau aufgeschrieben. In einigen Fällen ist die genaue Einfuhr bekannt.

An Getränk wurde den Kranken täglich 1 Flasche leichten Rheinweines und nach Belieben kohlensaure Mineralwässer verabreicht.

2. Der Harn wurde nach völliger Entleerung der Blase von morgens 8 Uhr bis abends 8 Uhr und von da wieder bis zum Morgen 8 Uhr gesammelt und gemessen: die zur Untersuchung nöthigen Mengen wurden im Verhältniss von Tag- zu Nachtharn gemischt.

3. Der Gehalt an Zucker wurde bestimmt polarimetrisch mit dem Halbschattenapparat von Schmidt und Hänsch, der bei Verwendung eines 200 mm-Rohres die Procente einer Traubenzuckerlösung von der specifischen Drehung 53,1 direkt abzulesen gestattet.

Die Stickstoffbestimmungen wurden nach Kjeldahl und Argutinsky, die Ammoniakbestimmungen nach Schlösing ausgeführt (s. Neubauer und Vogel, Harnanalyse, bearbeitet von Huppert und Thomas).

3. Den Gehalt an Calciumoxyd und Magnesiumoxyd bestimmte ich nach der in Neubauer's Anleitung beschriebenen Methode als CaO durch Wägen, die Phosphorsäure durch Titriren (s. Neubauer und Vogel a. a. O.).

Die Resultate der Bestimmungen gebe ich hier in Tabellen. Vor jeder Tabelle gebe ich einen kurzen Auszug aus der Krankengeschichte des betreffenden Falles.

I.

—l—, Schüler aus —e—, 11 Jahre alt.

Keine hereditäre Belastung. Patient lag im 4. Lebensjahre 14 Tage an Lungenentzündung krank; er neigte in der Folgezeit schon nach geringen Erkältungen zur Mandelentzündung. Herbst 1889 Masern. Winter 1892/93 Sturz auf den Hinterkopf beim Eislaufen. 1893 im Januar stärkerer Appetit, Ende October Polydipsie, Polyphagie und Polyurie. Aerztliche Diagnose des Diabetes am 3. September ds. J. Am 5. October 1893 erkrankte Patient mit Erbrechen, heftigen Leibschmerzen und Appetitlosigkeit. Der Zustand ging vorüber.

19. X. 93. Körpergewicht 35,48 kg. Mässig kräftig gebaut, etwas blass. Keine Organerkrankung, Zunge belegt, Pharynxschleimhaut mässig gerötet, Tonsillen etwas hypertrophisch.

22. XI. bis 26. XI. 93. Influenzaanfall, der den Patient sehr herunterbrachte.

Datum	Diät	24 std. Harnmenge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	MgO in g	CaO in g
29. XI. 93	Eiweiss = 86 Stickstoff = 13,76 Fett = 191 Kohlehydrat. = 0	1910	26,7	16,44	—	—	—	1,337
30. XI. 93	Eiweiss = 96 Stickst. = 15,31 Fett = 181 Kohlehydr. = 0	2020	30,3	16,40	—	—	—	1,434
1. XII. 93	Eiweiss = 98 Stickst. = 15,71 Fett = 186 Kohlehydr. = 0	2000	29,0	15,96	—	—	—	1,440
2. XII. 93	Eiweiss = 99 Stickst. = 15,92 Fett = 180 Kohlehydr. = 36	2250	58,5	16,96	—	—	—	1,508
3. XII. 93	Eiweiss = 95 Stickst. = 15,25 Fett = 160 Kohlehydr. = 36	1830	64,1	16,14	—	—	—	1,244
16. XII. 93	Strengste Diät	1910	20,1	16,98	—	—	—	1,299
17. XII. 93	Strengste Diät	2380	33,3	18,99	—	—	—	1,476
11. II. 94	Kohlehydr. = 30	4000	108,0	17,08	22,24	4,120	0,080	1,640
12. II. 94	Kohlehydr. = 30	3900	118,9	19,65	21,33	4,720	0,078	1,677

Der Harn (spec. Gewicht 1023—1032) war an den Untersuchungstagen stets sauer; die Eiweissprobe zeigte nur schwache oder mässige Opalescenz, die Probe auf Acetessigsäure und Aceton gab starke Reaction; Ammoniak war 3,67—5,30 g vorhanden.

Patient starb am 7. III. 94 an Herzlähmung.

II.

Louise —h— aus —m—, 7 Jahre alt.

Keine hereditäre Belastung.

Patientin machte 1889 ohne Erfolg, 1892 mit Erfolg eine Bandwurmkur durch. 1892 Rötheln. Anfang Juni 1893 fiel den Eltern auf, dass Patientin stärkeren Durst hatte und mehr Harn liess. Um diese Zeit erkrankte sie mit Halsschmerzen. Der Hausarzt konstatirte »Angina mit Belag und Fieber, auf der Brust beginnende Desquamation«, im Harn Zucker.

29. VII. 93. Körpergewicht: 17,9 kg. Hautfarbe blass, Haut trocken. Kniephänomen ist links nur schwach, rechts gar nicht zu erzielen. Papillae fungif. stark geröthet. Körperlich sonst durchaus normal.

Das specifische Gewicht des Harns war an den Untersuchungstagen 1028—1031, die Reaction sauer. Die Reaction auf Eiweiss gab nur schwache Opalescenz; die auf Acetessigsäure und Aceton war stark. Ammoniak war zu 2,76 bis 3,27 g vorhanden.

Datum	Diät	24 std. Harnmenge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g
3. I. 94	Gemischte Diät Kohlehydrate = 30	1400	58,10	5,880	7,980	2,114	0,518
4. » »	Gemischte Diät Kohlehydrate = 30	1500	53,25	5,940	7,770	2,115	0,555
3. II. »	Gemischte Diät Kohlehydrate = 30	1500	49,50	4,935	8,385	1,860	0,555
4. » »	Gemischte Diät Kohlehydrate = 30	1000	30,00	4,550	6,440	1,670	0,450

III.

—r—, Lehrer aus —o—, 50 Jahre alt.

Der Vater des Patienten starb an Apoplexie. Im Laufe des Sommers 1891 zeigten sich beim Patienten Appetitmangel, Abmagerung, Schlaflosigkeit, Abnahme der Potenz. Dr. B. glaubte einen linksseitigen Lungenspitzenkatarrh gefunden zu haben und sandte den Patienten nach Bad —n—. Hier wurde im September 1891 neben dem Katarrh auch Diabetes constatirt. Vor ca. 1/2 Jahr Entwicklung einer Gangrän an der linken Mittelzehe. Amputation der Zehe am 28. XII. 93 durch Geh. Rath K.

5. I. 94. Körpergewicht: 69,5 kg. Die inneren Organe sind intakt, auch die Lunge. Kein Husten. Wadenschmerzen, namentlich beim Gehen. Papillae filiformes hypertrophisch. Gebiss defect.

Das specifische Gewicht des Harns war 1018—1025; die Reaction sauer; die Reaction auf Eiweiss gab nur einen geringen Niederschlag; Acetessigsäure, Aceton und Oxybuttersäure Null oder nur Spuren. Ammoniak 0,82 bis 1,21 g

Datum	Diät	Harn		Zucker	N	NaCl	H_3PO_4	CaO	
		24 std. Menge in ccm	Reaction	in g	in g	in g	in g	in g	p. Kilog. Körpergewicht in mg
8. I. 94	Strengste Diät	1990	sauer	—	18,666	11,343	4,816	0,338	4,9
9. » »	» »	1550	»	—	19,747	10,788	5,270	0,338	4,9
10. » »	» »	1350	»	—	17,294	11,070	4,685	0,311	4,5
11. » »	» »	1210	»	—	17,618	10,261	4,501	0,303	4,4

IV.

Frau B. aus B., 57 Jahre alt, mosaisch.

Ein 50 Jahr alter Bruder der Patientin war zeitweilig geisteskrank, eine Schwester von 29 Jahren leidet an Hysterie. Die einzige Tochter der Patientin, 33 Jahre alt, ist gesund. Pat. wurde mit 17 Jahren menstruirt, Menses regelmässig; 1885 Cessatio. März 1885 stellte sich nach heftiger rechtsseitiger Migräne, an der Pat. auch schon früher laborirte, auffallend starkes Durstgefühl ein, das ca. 14 Tage anhielt. Die Harnuntersuchungen sollen zunächst negativ, Mai 1886 aber positiv ausgefallen sein. Pat. hat seitdem die verschiedensten Curen versucht.

6. V. 93. Körpergewicht: 61,7 kg. Pat. schwitzt leicht. Körperlich ausser einer seit dem ersten Wochenbett bestehenden Senkung der Gebärmutter, nichts Abnormes.

XI. 93. Pat. hat in letzter Zeit vereinzelte maniakalische Anfälle gehabt.

Specifisches Gewicht von Harn 1025—1028, Reaction sauer; Eiweissreaction schwache Opalescenz; Acetessigsäure Null oder Spur, Aceton starke Reaction; Ammoniak 1,05 bis 1,56 g.

Datum	Diät	24 std. Harnmenge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpergw. in mg
23. I. 94	Strengste Diät	1280	15,36	14,157	14,234	2,790	0,486	7,9
24. » »	» »	1420	12,78	15,606	15,336	3,223	0,568	9,3
25. » »	» »	1150	12,07	14,329	9,660	3,692	0,552	9,0

V.

—r—, früher Ingenieur, jetzt Bankier aus D., 43 Jahre alt.

Ein Bruder starb, 58 Jahre alt, an Pancreaskrebs. Eine Schwester von 46 Jahren ist geistig weniger gut entwickelt und leidet in letzter Zeit ab und zu an epileptischen Anfällen.

Pat. erlitt 1881 eine complicirte Fractur des r. Unterschenkels. Seit Jahresfrist aufgetretene Polyurie, sowie eine achttägige Polydipsie im November 1893 machten den Pat., der die Diabetessymptome von seinem Schwiegervater her kannte, auf sein Leiden aufmerksam. Die ärztliche Bestätigung erfolgte am 12. XII. 93.

6. I. 94. Körpergewicht: 118,9 kg. Pat. ist demnach fettleibig. Muskulatur gut entwickelt. An den inneren Organen nichts Abnormes nachweisbar.

Specifisches Gewicht von Harn 1026—1029, Reaction sauer; Reaction auf Eiweiss, Acetessigsäure, Aceton und Oxybuttersäure Null; Ammoniak 1,36 bis 1,77 g.

Datum	Diät	24 std. Harnmenge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Krprgw. in mg
8. I. 94	Gemischte Diät	1590	—	21,815	17,204	4,643	0,747	6,3
9. » »	Strengste Diät	1490	—	23,989	10,728	5,111	0,626	5,3
10. » »	» »	1300	—	21,294	14,105	4,589	0,624	5,2

VI.

—i—, Schiffsmakler aus —i—, 35 Jahre alt.

Der Vater des Pat. starb an Apoplexie. Seit ca. 1884 besteht beim Pat. ein Gehörfehler. Vor vier Jahren häufige Schwindelanfälle; damals wog Pat. noch 180 Pfund. Vor drei Jahren Furunkel im Nacken. Februar 1893 starker Durst, widerwärtiger Geschmack im Munde, Schmerzen und Müdigkeit der Beine, Rückgang der Potenz. Anfangs Juli 1893, als die Gattin, durch weisse Flecke an den Beinkleidern des Pat. aufmerksam gemacht, eine Harnuntersuchung vornehmen liess, soll kein Zucker gefunden worden sein. Am 26. VII. 93 erkrankte Pat. mit einem Magendarmkatarrh. Bei der Harnuntersuchung entdeckte der Hausarzt Zucker. Das Körpergewicht war von Anfang Juni bis Ende Juli 93 von 148 auf 135 Pfd. gesunken. Neuerdings klagt Pat. über Herzklopfen und Ohrensausen.

6. I. 94. Körpergewicht: 63,6 kg. Keine Organerkrankung. Nur der otologische Befund weist mit höchster Wahrscheinlichkeit auf eine Anchylose des Steigbügels auf beiden Seiten hin.

Datum	Diät	24 std. Harnmenge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Krprgw. in mg
9. I. 94	Strengste Diät	2400	52,80	20,832	22,008	5,904	1,080	16,9
10. » »	» »	2220	48,84	20,513	18,581	5,772	1,021	16 1
11. » »	» »	2100	42,00	20,874	18,480	5,523	1,092	17,2

Spec. Gewicht vom Harn 1031—1031, Reaction sauer; Reaction auf Eiweiss Null, auf Acetessigsäure schwach, auf Aceton mässig; Ammoniak 3,07 bis 3,24 g.

VII.

—ü—, stud. theol. aus —l—, 19 Jahr alt.

Der Grossvater väterlicherseits litt an Gicht, die Mutter des Pat. ist fettleibig.

Seit ca. 1885 neigt Pat. zu Furunkelbildung, besonders werden Gesicht und Nacken, weniger Brust und Arme, befallen. Seit Mai d. J. fühlt sich Pat., besonders an heissen Tagen, leicht abgespannt, hat Polydipsie und Polyurie, zuweilen Wadenkrämpfe. Am 6. Juni 92 wurde der Diabetes ärztlich festgestellt.

2. VII. 92. Körpergewicht: 51,6 kg. Gebiss: defect. Die Milz reicht nach oben bis zur 7. Rippe. Pat. ist beiderseits myop: r = 1,5 D, l = 1,0 D, S = 1. Die Myopie soll sich in den letzten zwei Jahren entwickelt haben, ob auf der Basis von Diabetes ist zweifelhaft, da sich sonst nichts Pathologisches findet. In den seitlichen Endstellungen einzelne nystagmusartige Zuckungen.

Blutbefund: Mässige Vermehrung der Leukocyten.

8. I. 94. Körpergewicht: 56,95 kg. Links unter der Clavicula verschärftes Inspirium. Im Gesicht sehr viele Acnepusteln.

Spec. Gewicht vom Harn 1029—1030, Reaction sauer; Reaction auf Eiweiss mässige Opalescenz, auf Acetessigsäure Spur, auf Aceton mässig; Ammoniak 1,27—1,43 g.

Datum	Diät	Harn 24 std. Menge i. ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpgw in mg
10 I. 94	Strengst. Diät	1150	0	18,837	10,764	4,163	0,403	7,1
11. » »	» »	1310	0	22,100	15,720	4,690	0,550	9,7
12. » »	60 g Kohlehydr., sonst str. Diät	1280	7,17	19,533	15,206	3,827	0,538	9,5

VIII.

—g—, Schirmfabrikant aus B—, 39 Jahre alt, mosaisch.

1874 Syphilis. Februar 1887 zufällige Entdeckung des Diabetes (Lebensversicherung). Früher wie jetzt keinerlei Beschwerden. Pat. war ein Freund süsser Speisen.

11. XI. 89. Körpergewicht: 68 kg. Keine Organerkrankung Kniephänomen sehr schwach. Potenz eher gesteigert.

7. I. 94. Körpergewicht: 61,8 kg. Linker Ventrikel mässig hypertrophisch Kniephänomen beiderseits vorhanden. Im Harn mässiger Niederschlag von Albumen. Augenbefund: RS = 1/4, LS = 1/3, Gesichtsfelder frei. (Prof. Uhthoff.) Beiderseits Netzhauthämorrhagien in der Umgebung der

Papille. L nur einzelne kleine schmale Blutungen, Papille und Retina nicht wesentlich getrübt. R in der Umgebung der Papille etwas zahlreichere und grössere Hämorrhagien der Retina, ebenso ganz leichte Trübung der Netzhaut in der nächsten Umgebung der Papille. Etwas weiter nach oben von der Papille auch ein weisser Retinaplaque. Augenbewegungen und Pupillenreaction normal. Presbyopie 1,25 D.

Spec. Gewicht des Harns 1015—1017; Reaction sauer; Reaction auf Eiweiss mässiger Niederschlag, auf Acetessigsäure Null, auf Aceton Spur; Ammoniak 0,86—0,96 g.

Datum	Diät	Harn 24st. Menge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpergewicht in mg
10. I. 94	Strengste Diät	2320	0	14,94	12,853	4,222	0,626	10,0
11. » »	» »	2470	0	17,29	12,572	4,224	0,692	11,1
12. » »	Rohrzucker 5 Kohlehydrate 60 sonst strengste Diät	2000	0	17,92	9,720	3,940	0,760	12,3

IX.

—e—, Kaufmann aus —e—. 18 Jahre alt, mosaisch.

Vor einem Jahre stürzte Pat. 1 m tief von der Leiter herab, mit dem Kopf gegen eine Kante: Wunde am l. Orbitaldach, heftige Kopfschmerzen von einstündiger Dauer. Vor einem Vierteljahr Polydipsie, besonders Nachts heftiges Reissen in den Beinen, Abnahme des Körpergewichts und der Kräfte. Ende November kam eine mittelschwere Influenza hinzu. Brennen in der Blasengegend gab damals zu einer Harnuntersuchung Anlass, bei der sich Zucker fand.

12. I. 94. Körpergewicht: 54,4 kg. Keine Organerkrankung. Gebiss defect. Im vorderen Drittheil der Zunge ziemlich tiefe Längsrisse. Erectionen sind seit einem Vierteljahr ausgeblieben. Pollutionen hat Pat. nie gehabt.

Spec. Gewicht des Harns 1024—1041, Reaction sauer; Reaction auf Eiweiss Null, auf Acetessigsäure Null bis Spur, auf Aceton Spur (an den beiden letzten Tagen stark); Ammoniak 1,38—1,69 g.

Datum	Diät	Harn 24st. Menge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpergewicht in mg
13. I. 94	Gemischte Diät (selbst gewählt)	2750	148,50	25,410	22,357	4,675	0,990	16,4
14. » »	Gemischte Diät (selbst gewählt)	2380	151,13	20,992	14,351	3,713	1,071	19,7
15. » »	Strengste Diät	1310	22,90	18,799	9,655	3,354	0,668	12,3
16. » »	» »	1750	7,00	21,562	10,500	4,568	1,033	19,0
17. » »	» »	1660	11,62	22,078	15,438	4,565	0,830	15,3

X.

—u—, Privatier aus —e—, 57 Jahre alt, mosaisch.

Die Mutter des Pat. hat höchst wahrscheinlich an Diabetes gelitten, ein hypochondrischer Bruder endete durch Selbstmord; eine ältere Schwester, die zweimal in einer Irrenheilanstalt war, starb an Phthise. Pat. hat eine Tochter aus erster Ehe, eine zweite Ehe blieb kinderlos.

Im 44. Jahre bekam Pat. zahlreiche Furunkel am Halse. Gleichzeitig fühlte er sich kraftlos. Februar 1880 wurde Zucker im Harn entdeckt. 1890 schwere Influenza. 1892 Operation eines Furunkels in der Aftergegend. 1893 Muskelrheumatismus im l. Arm und l. Bein. Pat. ist geneigt, sein Leiden auf Gemüthsbewegungen bei Erkrankung seiner Tochter zurückzuführen.

20. I. 94. Körpergewicht: 82,2 kg. Im Nacken 8 Narben, weitere an Brust und Rücken. Gebiss sehr schlecht. Potenz ist in geringem Maasse noch vorhanden. Es besteht ferner eine chronische Nephritis leichten Grades Auf beiden Augen beginnende Cataract, rechts stärker als links, in der Gegend der 4. macula lutea zwei kleine glänzendweisse Retinalplaques.

Spec. Gewicht des Harns 1022—1024, Reaction sauer; Reaction auf Eiweiss sehr geringer Niederschlag, auf Acetessigsäure Spur, auf Aceton mässig (an den beiden letzten Tagen stark); Ammoniak 1,28—1,48 g.

Datum	Diät	Harn 24 st. Menge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpergewicht in mg
25.I.94	Strengst. Diät	1680	7,56	21,991	9,929	5,174	0,622	7,6
26. » »	» »	2040	8,57	24,847	14,504	5,630	0,979	11,9
27. » »	» »	2010	6,03	23,075	16,884	4,824	0,925	11,2
28. » »	» »	2200	3,30	23,100	16,852	5,610	0,946	11,5

XI.

Frau H. aus B., 51 Jahre alt.

Zur Zeit der Cessatio mens. auftretender Prur. vulv. führte vor drei Jahren zur Diagnose des Diabetes durch Dr. R.

22. I. 94. Körpergewicht: 44 kg. Keine Organerkrankung.

Datum	Diät	Harn 24 st. Menge in ccm	Zucker in g	N in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpergewicht in mg
26.I.94	24 g Kohlehydrate, sonst strengste Diät	1030	15,14	6,345	5,006	1,957	0,185	4,2
27. » »	do.	880	16,02	5,667	5,562	1,707	0,185	4,2
29. » »	do.	1030	30,38	6,850	4,697	1,916	0,227	5,1
31. » »	20 g Semmeln, 15 g Weissbrod, 80 g Büchsenerbs., 1/8 Casseler	1120	23,52	5,723	4,648	1,714	0,246	5,6

Spec. Gewicht des Harns 1020—1026, Reaction sauer; Reaction auf Eiweiss Null, auf Acetessigsäure schwach, auf Aceton mässig stark bis stark; Oxybuttersäure 0,28; Ammoniak 1,07—1,26 g.

XII.

Herr —l—, Kesselschmied aus —u—, 38 Jahre alt.

Im 15.—16. Lebensjahre traten im Nacken und an der Dorsalfläche des rechten Unterarmes Furunkel auf. Pat. zog sich in seinem Beruf mehrfach Verletzungen zu. 1880 erhielt er einen Schlag mit einem 6 kg schweren Hammer auf das rechte Scheitelbein, so dass er umfiel, sich jedoch nach einigen Minuten wieder erheben konnte. Die vernähte Wunde heilte in 14 Tagen. Es hinterblieben noch Kopfschmerzen, sonst keine Nachwehen. Vor acht Jahren traten am Kinn und an der Nasenwurzel Furunkel auf. 1887 fesselte ihn eine linksseitige Pleuritis vier Wochen ans Bett. 1888 litt er acht Wochen lang an Muskelrheumatismus, der vorwiegend die Beine betraf. Im Februar 1891 stellten sich ein: Kopf, Kreuz- und Leibschmerzen, Gefühl von Mattigkeit, Erbrechen nach dem Abendessen, unregelmässiger Stuhl, Abnahme des Körpergewichts und das Gefühl eines im Halse aufsteigenden Knäuels. Juli 1891 traten wieder starke Kreuzschmerzen und Schmerzen in der linken Seite auf, die der Arzt auf eine Pleuritis bezog. Dabei hatte er guten Appetit, vermehrten Durst und starke Nachtschweisse. Im September desselben Jahres wurde der Diabetes ärztlich constatirt.

10. II. 92 Körpergewicht: 72,05 kg. Farbe der Haut und der Schleimhäute anämisch. Ausser einer über den ganzen Körper verbreiteten Psoriasis nichts Abnormes nachweisbar.

Spec. Gewicht des Harns 1013—1023, Reaction sauer; Reaction auf Eiweiss schwache Opalescenz, auf Acetessigsäure Null, auf Aceton Spur bis mässig; Ammoniak 1,00—1,85 g.

Datum	Diät	24 std. Harnmenge in ccm	Zucker in g	N in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpergewicht in mg
7. XII. 93	Strengste Diät	2130	0	19,284	0,128	1,8
8. » »	do.	2640	0	17,926	0,132	1,8
9. » »	Str. Diät. 100 g Semmeln	2400	0	16,632	0,120	1,7
10. » »	do.	2100	0	17,199	0,126	1,8
13. » »	Str. Diät. 100 g Graubrod	2250	0	15,435	0,135	1,9
14. » »	do.	2280	0	16,359	0,134	1,9

XIII.

Controllversuch I des Verfassers an sich selbst.

Datum	Diät	24 std. Harnmenge in ccm	Eiweiss	N in g	NH_3 in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	MgO in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpergewicht in mg
17. III. 94	Gemischte Diät, geringe Nahrungsaufnahme	1200	0	10,920	0,612	16,212	4,476	0,180	0,468	6,5
18. » »	do.	2000	0	10,920	0,480	15,980	3,560	0,180	0,420	5,8
19. » »	do.	2000	0	10,080	0,480	12,560	3,060	0,240	0,440	6,1
28. » »	Gemischte Diät, starke Nahrungsaufnahme	1830	0	12,554	0,567	13,725	4,373	0,311	0,549	7,6
29. » »	do.	1915	0	13,003	0,651	15,243	4,711	0,268	0,594	8,2
30. » »	do.	1780	0	16,198	1,157	21,769	4,130	0,231	0,694	9,6

XIV.

Controllversuch II, angestellt an einem Patienten mit geringen Krankheitserscheinungen.

Datum	Diät	24 std. Harnmenge in ccm	Zucker in g	Eiweiss	N in g	NH_3 in g	NaCl in g	H_3PO_4 in g	MgO in g	CaO in g	CaO p. Kilog. Körpergewicht in mg
1894											
27. III.	50 g Semmeln, 250 g Kartoffeln, 20 g Brod	2330	23,39	mässiger Niederschlag	10,112	0,862	14,050	2,889	0,140	0,466	6,3
28. »	50 g Blätterteich, 10 g Reis, 30 g Graubrod, 150 g Kartoffeln	1920	29,62	do.	10,752	0,787	16,742	3,648	0,096	0,499	6,8
29. »	33 g Semmeln, 8 g Sago, 15 g Graubrod, 1/2 l Casseler	2330	27,14	do.	11,094	0,962	18,876	2,935	0,198	0,538	7,3

Gehen wir zunächst zur Besprechung der beiden Fälle aus dem Kindesalter über, einem Knaben von 11 Jahren und einem Mädchen von 7 Jahren.

Beide leiden an einer schweren Form der Zuckerharnruhr, wie schon die besonders bei Zufuhr von Kohlehydraten grosse Zuckermenge und die relativ grosse Harnmenge und Stickstoff- und Ammoniakausscheidung neben dem Vorkommen von Eiweiss, Acetessigsäure, Aceton und Oxybuttersäure im Harn zeigen. So steigt bei dem Knaben nach 3tägiger strengster Diät die tägliche Zuckerausscheidung bei Gaben von 30 g Kohlehydraten pro die um das 2- bis 3fache, ebenso scheidet das Mädchen bei gemischter Diät für sein Alter und Körpergewicht grosse Mengen Zucker aus.

Die Kalkausscheidung ist bei Beiden sehr hoch, bei dem Knaben beträgt sie das 10—15fache, bei dem Mädchen das 8—10fache des Normalen. Man sieht dies am besten aus den auf 1 kg Körpergewicht berechneten Tabellen, wo wir 46 resp. 28 mg CaO finden, während nach Neubauer normal vom Kinde 3 mg pro kg Körpergewicht ausgeschieden werden.

Ein Vergleich der Kalkausscheidung mit den anderen Ausgaben lässt deutlich einen Zusammenhang zwischen der täglichen Harnmenge und der Stickstoffausfuhr einerseits und der Kalkabgabe anderseits erkennen, u. zw. scheinen beide gleichmässig auf letztere hinzuwirken, so dass die Kalkausscheidung abhängig ist von den beiden Faktoren, nämlich der täglichen Harnmenge und der Stickstoffausscheidung.

In der ersten 5tägigen Versuchsperiode steigt die Harn- und Stickstoffmenge bis zum 4. Tage allmählich an, und ganz proportional dieser Steigerung verändert sich auch die Kalkausscheidung, so dass auch sie am 4. Tage ihre Höhe erreicht. Die geringe Kalkabgabe am folgenden Tage entspricht wieder der verminderten Harnmenge und der Stickstoffausscheidung.

Ganz dieselben Verhältnisse ergeben sich aus der 2. und 3. Versuchsperiode, u. zw. treten sie am deutlichsten in der letzteren hervor, wo bei mächtig anwachsender Harnmenge und grosser Stickstoffausscheidung die Kalkausfuhr eine ungewöhn-

liche Höhe erreicht. Doch darauf komme ich in der Schlussbetrachtung noch zurück.

Auch ein Vergleich der Mittelwerthe der 3 Versuchsperioden ergibt eine obigen Factoren entsprechende Steigerung der Kalkausscheidung. Die an je 2 Tagen angestellten Versuche an dem Mädchen geben ebenfalls ein deutliches Bild der mit der täglichen Harnmenge und der Stickstoffausfuhr zusammenhängenden Kalkausscheidung.

Vergleichen wir schliesslich noch die von beiden Patienten erhaltenen Resultate, so haben wir auch hier Kalkwerthe, welche ihre Abhängigkeit von der Grösse der täglichen Harnmenge und der Stickstoffausfuhr erkennen lassen.

Die übrigen 10 Fälle ergaben genau dasselbe Resultat, welches schon die Untersuchungen bei den 2 Kindern ergeben haben, überall finden wir die Abhängigkeit der Kalkausscheidung von der täglichen Harnmenge und der Stickstoffausfuhr. Zweckmässig wird es sein, die schwereren und leichteren Diabetesformen auseinander zu halten, da gerade dadurch markante Unterschiede in der Kalkausscheidung zu tage treten. Als schwer sind die Fälle 4, 6, 9 und 10 zu bezeichnen, gleichsam Uebergänge zu den schweren Formen sind 7 und 8, während 3, 5, 11 und 12 als leichte Fälle zu betrachten sind. In den schweren Fällen scheiden die Patienten bei Zufuhr von Kohlehydraten grosse Mengen von Zucker aus, aber auch bei strengster Diät ist der Zuckergehalt des Urins noch ein bedeutender. In diesen schweren Formen zeigt auch schon das Vorkommen von Eiweiss und das Auftreten von Cylindern im Harn auf eingetretene parenchymatöse Nephritis hin. In den minder schweren Fällen findet man bei reiner Fleischkost gar keinen Zucker im Harn oder doch nur Spuren, während bei einer an Kohlehydraten reichen Nahrung ziemlich bedeutende Zuckermengen ausgeführt werden. In den ganz leichten Fällen ist die Zuckerausscheidung selbst bei reichlicher Zufuhr von Kohlehydraten eine sehr geringe oder sie fehlt vollständig.

Was die Kalkausscheidung der 4 schweren Fälle angeht, so ist sie auf das 3—4fache des Normalen gestiegen, und es ent-

sprechen auch hier die Tagesschwankungen den wechselnden Werthen der Stickstoffausscheidung und der 24stündigen Harnmenge. In den drei als Zwischenformen bezeichneten Fällen ist die Kalkausscheidung selten oder doch nur um ein geringes höher als die eines normalen Menschen. In den ganz leichten Fällen schliesslich bewegt sich die Kalkausfuhr durchweg in den normalen Grenzen. Deutlich tritt aber auch bei den mittleren und leichten Formen eine Abhängigkeit der Kalkausscheidung von der Menge des Harnes und seinem Stickstoffgehalte hervor.

Zu vergleichenden Schlüssen berechtigen wohl am meisten die Resultate, wie sie am leichtesten aus den auf 1 kg Körpergewicht berechneten Tabellen ersichtlich sind. Daraus ergibt sich, dass die mit schweren Krankheitsformen behafteten Diabetiker eine grössere Kalkausscheidung aufweisen als die leichter erkrankten; dann, dass mit der Zunahme der Krankheitserscheinungen auch die Kalkausfuhr sich steigert. Ein weiterer Vergleich der Tabellen ergibt überall einen Zusammenhang zwischen der Kalkabgabe einerseits und der Stickstoffausfuhr und der täglichen Harnmenge anderseit u. zw. derartig, dass beide letztere Faktoren gleichmässig auf die Kalkausscheidung einwirken.

Patient 3 scheidet bei strengster Diät eine ziemlich bedeutende Harnmenge am 1. Tage aus. Dann nimmt sie aber bis zum 4. Tage allmählich ab. Die Stickstoffausscheidung, im Ganzen mässig hoch, ist am 2. Tage am stärksten. Beurtheilen wir nach diesen beiden Grössen die Kalkausscheidung, so würde sich eine im Ganzen etwas erhöhte, von Tag zu Tag fallende Kalkausfuhr ergeben.

Im Falle 5 sollten wir bei der verhältnissmässig geringen Harn- und Stickstoffausscheidung auch eine mässige Kalkausscheidung erwarten, jedoch scheint mir diese Unregelmässigkeit von der gemischten, nicht genau geregelten Diät herzurühren. Denn am 2. und 3. Tage, wo strengste Diät innegehalten wurde, tritt auch unser früheres Abhängigkeitsverhältniss wieder hervor.

Die folgenden Fälle, 6 und 7, ergeben dasselbe Verhältniss.

Im Falle 8 findet das ungewöhnliche Steigen der Kalkausfuhr am 3. Tage wohl seinen Grund in der Diätänderung, in-

dem an diesem Tage 5 g Rohrzucker und 60 g Kohlehydrate gereicht wurden.

Beim 9. Patienten tritt bei beliebiger Diät am 1. Tage unser Gesetz nicht hervor, umsomehr aber an den 4 folgenden Tagen, wo eine genau geregelte Diät innegehalten wurde.

Beim 10. und 11. Patienten ersehen wir das Verhältniss deutlich.

Der letzte Patient bietet uns ein völlig abweichendes Bild. Bei hoher Harnausscheidung und ziemlich bedeutender Stickstoffabgabe sollte man eine hohe Kalkabgabe erwarten. Statt dessen ist sie eine ganz minimale, bedeutend unter dem Normalen bleibende. Beim Vergleich der einzelnen Tage ersieht man eine fast völlige Gleichmässigkeit der Kalkausscheidung, während in der Stickstoff- und Harnmenge grosse Unterschiede bestehen.

Eine Erklärung für das Verhalten dieses Patienten fehlt mir. Sollte die geringe Kalkmenge im Harn durch ausser-gewöhnlich hohe Kalkabgabe durch den Darm zu erklären sein? Leider war der Koth dieser Versuchstage nicht gesammelt und so muss ich diese Frage unentschieden lassen.

Es lag nahe, dies bei den 14 Diabetikern erlangte Resultat am Gesunden zu prüfen. Mich als gesund betrachtend, habe ich zunächst Versuche an mir selbst angestellt.

Zuerst hielt ich 3 Tage meine gewöhnliche Diät inne, nahm aber als Getränk nur Wasser und 1 Liter leichten Rheinwein täglich zu mir.

Später habe ich dann 3 Tage hindurch bei gleicher Flüssigkeitszufuhr die Stickstoffzufuhr nach Möglichkeit gesteigert, um zu sehen, ob auch dann die Kalkabgabe der Harnmenge und Stickstoffausscheidung proportional bliebe. Das Resultat ergibt die Tabelle 13, Controllversuch I. Die Versuche entsprachen den Erwartungen, die Kalkausscheidung richtete sich nach der Harnabgabe und der Stickstoffausscheidung.

Als weiteren Controllversuch benützte ich einen Diabetiker mit leichterer Krankheitsform, der auch bei reichlicherer Kohlehydratzufuhr nur geringere Zuckermengen ausschied. S. Tabelle 14, Controllversuch II. Die Tabelle zeigt auch in diesem Falle

deutlich die Abhängigkeit der Kalkausscheidung von den beiden andern Faktoren.

Zur ferneren Controlle dieser Befunde können die Untersuchungen von Boecker und von Gaehtgens dienen.

Das Mittel von 6 Versuchstagen genommen erhält man bei dem Diabetiker Boecker's folgende Ausscheidung pro kg Körpergewicht:

Harnmenge	Harnstoff	$Ca_3(PO_4)_2$
165	1,1	0,040

Zum Vergleich nahm er darauf an je 7 Tagen eine gleichmässige Diät, der er aber das eine Mal 1260 g, das andere Mal 3360 g Wasser zusetzte. Auf 1 kg K. berechnet schied er im Mittel der beiden Versuchsperioden aus:

	Harnmenge	Harnstoff	$Ca_3(PO_4)_2$
1. Periode . . .	35	0,49	0,0097
2. »	66	0,50	0,0110

Boecker bestimmte allerdings nicht den Stickstoff in der Ausscheidung, aber die Kenntniss der Harnstoffmenge lässt auf den Eiweissumsatz schliessen.

Ich habe die Mittelwerthe der von Gaehtgens an sich selbst und einem Diabetiker angestellten Versuchsperioden auf 1 kg Körpergewicht berechnet und gebe das Resultat in folgenden Tabellen.

Ausscheidung des Gesunden:

	Harnmenge	Stickstoff	$Ca_3(PO_4)_2$
1. Periode	42	0,5	0,007
2. »	32	0,5	0,005
3. »	27	0,5	0,004

Ausscheidung des Diabetikers:

	Harnmenge	Stickstoff	$Ca_3(PO_4)_2$
1. Periode	70	0,8	0,009
2. »	72	0,8	0,011
3. »	69	0,7	0,009

Wie der Vergleich ergibt, stimmen die aus den Tabellen von Boecker und Gaehtgens auf 1 kg Körpergewicht

berechneten Mittelwerthe vollständig mit den von mir bei 14 Diabetikern und beim Gesunden gefundenen überein.

Sehen wir uns nun unsere sämmtlichen Versuche in Bezug auf das erhaltene Resultat an, so haben dieselben zunächst eine Bestätigung der Befunde Dickinson's und Zuelzer's ergeben, »dass die Kalkabgabe bei Diabetes fast regelmässig, in schweren Formen immer, absolut und relativ vermehrt ist«.

In der Beantwortung der Frage nach der Ursache und dem Ursprung dieser vermehrten Kalkausscheidung gehen die Ansichten der Autoren weit auseinander. Beneke glaubt, »dass die Oxalsäure die vermehrte Ausscheidung von Erdphosphaten bewirke«. Bis jetzt ist aber eine solche Vermehrung der Oxalsäure im diabetischen Organismus, dass aus ihr die hohe Kalkausscheidung erklärt werden könnte, nicht festgestellt worden.

Boecker, Neubauer und Gaehtgens geben keine Erklärung für ihre zum Theil recht hohen Kalkbefunde im Harn von Diabetikern. Dickinson vermuthet, »dass die vermehrte Kalkausscheidung nicht aus der Nahrung, sondern aus dem Körper stamme«, und »dass eine Beziehung zwischen geistiger und krankhafter Erregung des Centralnervensystems und der Kalkausscheidung bestehe«.

Wenn nach ihm die Phosphorsäure, welche nach einem Schwund cerebraler oder nervöser Substanz vom Gehirn aus in die Blutbahn gelangt, die Lösung und Ausscheidung des Mehrs an Kalk bewirken soll, so müssten wir bei der kolossalen Kalkausfuhr in schweren Diabetesformen auch einen ungeheuren Schwund der cerebralen Substanz annehmen, bis so viel Phosphorsäure frei würde, dass sie die Lösung von 2—3 g CaO bewirken könnte. Hierfür aber fehlen alle Anhaltspunkte. Zuelzer hält »eine so bedeutende Kalkausfuhr nur durch Abgabe von Knochen für möglich und glaubt, dass die in dem Darm sich bildende Milchsäure den Kalk der Knochen löse«.

Dickinson wie Zuelzer nehmen an, dass das Mehr an Kalk nicht aus der Nahrung stamme, es fehlt aber jeder Nachweis, dass der Körper dieses Plus liefere. Die Vermuthung, dass Milchsäure eine erhöhte Lösung von Kalksalzen bewirke, könnte

nur, einerseits durch den Nachweis der milchsauren Kalklösung im Blute und durch die Art ihrer Ausscheidung in den Harn, anderseits durch das Vorkommen grösserer Milchsäuremengen bei Diabetes gestützt werden. Die im Organismus befindliche Milchsäure aber wird in der Leber zerstört, und nur eine Erkrankung dieses Organes kann eine Zerstörung verhindern. So ist denn auch wohl bis jetzt ein Vorkommen von Milchsäure im Harn nur bei Leberkrankheiten, nicht aber bei Diabetes nachgewiesen worden. Es fehlt somit jeder Anhaltspunkt, die vermehrte Kalkausscheidung bei Diabetes auf die Milchsäure zurückzuführen.

Unsere Versuche aber haben ergeben, dass sich die Kalkausscheidung nach dem Zusammenwirken von 2 Faktoren richtet, nach der täglichen Harnmenge und der täglichen Stickstoffausscheidung; erstere nun ist hauptsächlich abhängig von der Wasserzufuhr, letztere hauptsächlich von der Nahrungsaufnahme. Unsere Diabetiker bekamen durchschnittlich eine grosse Menge stickstoffreicher Nahrung zugeführt; ihren Bedarf an Flüssigkeiten zu decken, war ihrem eigenen Ermessen überlassen und stand ihnen hierfür eine Flasche leichten Weissweins und kohlensaures Wasser zur Verfügung. Bei dem grossen Durst der Kranken, den ich wohl zum Theil auf die Aufnahme grösserer Mengen stickstoffreicher Nahrung zurückführen möchte — wenigstens stellte sich bei mir bei der stark gesteigerten Nahrungsaufnahme während der 3 letzten Versuchstage quälender Durst ein — wurden ziemlich bedeutende Flüssigkeitsmengen aufgenommen. Dieser erhöhten Aufnahme von flüssiger und fester Nahrung entspricht eine Erhöhung der täglichen Harnmenge und der Stickstoffabgabe. Weiterhin besteht ja auch ein Zusammenhang zwischen der Wasserzufuhr und der Stickstoffausscheidung. Sagt doch Gaehtgens (s. pag. 52) über den Stoffwechsel: »Es bewirkt also Wassertrinken blos durch eine Vermehrung der Saftströmung, mit anderen Worten, durch eine Steigerung der endosmotischen Vorgänge innerhalb des Organismus einen grösseren Stoffwechsel, in specie eine gesteigerte Zersetzung der N-haltigen Stoffe.«

Wenn nun bei Diabetes, wie nachgewiesen, proportional mit der Aufnahme von flüssiger und fester Nahrung, oder was als Gradmesser dafür dienen kann, wenn proportional mit der täglichen Harnmenge und der Stickstoffausfuhr die Kalkabgabe durch den Harn steigt und fällt, so können wir wohl annehmen, dass die hohe Kalkausfuhr bei Diabetes ihre Ursache in der erhöhten Nahrungsaufnahme findet. Es würde die vermehrte Wasserzufuhr und Stickstoffaufnahme eine gesteigerte Zersetzung der N-haltigen Stoffe im Organismus des Diabetikers bewirken. Die Albuminate kommen aber nicht in chemisch reiner Form im Körper vor, sondern in einer chemischen Verbindung mit Salzen, von denen speciell für uns die Kalksalze in Betracht kommen. Die gesteigerte Zersetzung von Albuminaten im Körper des Diabetikers ruft eine grössere Stickstoffausfuhr hervor, und da mit den Albuminaten auch die mit ihnen verbundenen Kalksalze in Lösung gehen, wird auch die Vermehrung des Kalkes im Harn Hand in Hand gehen mit der täglichen Harnmenge und seinem Stickstoffgehalte.

Ob neben dem Zerfall von Nahrungseiweiss auch der Zerfall von Körpereiweiss eine Rolle bei der Kalkausscheidung spielt, ist nach unseren Versuchen kaum zu entscheiden, da hierzu eine genaue Bestimmung des durch die Nahrung eingeführten Kalkes und des durch Harn und Koth ausgeführten Kalkes nothwendig wären, Versuche, die vor einigen Jahren von Dr. van Ackeren an der Gehrhardt'schen Klinik in Angriff genommen sind, welche aber bisher zu einem Resultate nicht geführt zu haben scheinen. Die übermässig hohen Kalkbefunde in sehr schweren Krankheitsformen, wie wir sie z. B. bei den 2 Kindern erhalten haben, sind wohl kaum allein aus dem Zerfall von Nahrungseiweiss zu erklären und wird wohl auch der starke Zerfall von Körpereiweiss in den letzten Stadien bei Diabetes die Kalkausscheidung beeinflussen.

Am Schlusse meiner Arbeit sei mir gestattet, des für die Wissenschaft und für seine Schüler viel zu früh verstorbenen Herrn Geheimen Medicinalraths Professor Dr. Külz zu gedenken.

Er war mir während meiner medicinischen Studien stets ein treuer Berather und Förderer und hat mich auf das Weitgehendste bei den Vorarbeiten für diese Abhandlung unterstützt. Ich werde ihm stets ein dankbares Andenken bewahren.

Ferner ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dr. Ruppel, Herrn Dr. Külz und Herrn Dr. Vogel für ihre freundliche Hülfe bei Ausführung der Analysen meinen aufrichtigen Dank abzustatten.

Ueber die Veränderungen des Rohrzuckers im Magen-Darmkanal.

Von

Professor **Heinrich Köbner**

in Berlin.

Die Arbeit von K. Miura: »Ist der Dünndarm im Stande, Rohrzucker zu invertiren?«[1]), welche mir erst kürzlich bekannt wurde, hat mich schon durch ihre Ueberschrift einigermaassen verwundert, weil ich die Fähigkeit des Dünndarms, den Rohrzucker zu invertiren, nach den bereits in meiner Inauguraldissertation: »Disquisitiones de sacchari cannae in tractu cibario mutationibus« (Breslau, 1859) dargelegten Experimenten als längst festgestellt betrachten durfte.

Da meine Arbeit Miura offenbar entgangen ist und er daher viel späteren Autoren die Feststellung jener Eigenschaft des Dünndarms zuschreibt, da ich ferner bereits gegenüber früheren Untersuchern, namentlich Lehmann und v. Becker, gewisse Fehlerquellen aufgefunden hatte, welche auch noch neuere Untersucher, wie Seegen (a. a. O. 1887) zu irrigen Folgerungen geführt haben, möge mir die kurzgedrängte Erwähnung meiner unter Felix Hoppe-Seyler 1859 im pathologisch-chemischen Laboratorium der Berliner Charité durchgeführten Untersuchungen über die gesammte Rohrzuckerverdauung nur in ihren hauptsächlichen Ergebnissen gestattet sein.

1) Zeitschr. f. Biol., 1895, Bd. 32 N. F. Bd. 14, 2, S. 266 f.

Sie wurden gewonnen 1. an Hunden, welche meistens nach mehrtägiger ausschliesslicher Fleischkost mit verschiedenen Mengen von Rohrzucker gefüttert und theils 1¼ bis 5 Stunden nach einer solchen Mahlzeit getödtet wurden. Magen, Duodenum und Jejunum, Ileum und Dickdarm wurden schnell abgebunden und ihre Inhaltsportionen gesondert in Alkohol aufgefangen. Bei anderen wurde eine Magenfistel angelegt, welche die Verfolgung der etwaigen Rohrzuckerveränderung sowohl durch direkte Entziehung des Mageninhaltes nach verschiedenen Intervallen, als durch künstliche Digestion des Magensaftes mit Rohrzuckerlösungen im Brutofen ermöglichten.

Zweitens wurden Kaninchen mit Mohrrüben gefüttert, jedoch mit der von Lehmann und v. Becker anscheinend nicht geübten Vorsicht, dass dieselben niemals in grösseren Mengen (für einen oder mehrere Tage) oder zerschnitten hingestellt wurden, sondern stets nur in ganzen Stücken und nur in solcher Menge, dass die hungrigen Thiere die dargereichten Rüben sofort verzehrten.

Die Resultate waren:

a) bezüglich der Magenverdauung, dass Rohrzucker (entgegen den vorgenannten Autoren sowie Bouchardat und Sandras, aber entsprechend den Befunden von Frerichs und F. Hoppe) weder in künstlichen, 2—4 Tage bei 40° digerirten Mischungen mit normalem, frisch entzogenen und filtrirten Magensaft — auch nicht nach seiner Neutralisation, — noch bei normaler natürlicher Verdauung (und strengcontrolirter Kost) jemals — binnen 1½ bis 8 Stunden[1]) — in Traubenzucker umgewandelt wird. Die gegentheiligen Beobachtungen können vielmehr auf folgende drei Fehlerquellen zurückgeführt werden:

1. Die Versuchsthiere sind vorher nicht lange genug bezüglich ihrer früheren Kost beobachtet worden. (Ich fand im Magen meines ersten Versuchshundes als die Quelle kleiner Mengen von Trauben- neben sehr reichlichem Rohrzucker noch einige Kartoffelstücke vor);

1) Nach 8 Stunden gelang mir allerdings nur noch sehr selten sein Nachweis aus der Magenfistel, länger niemals, meistens nur noch nach 6—6½ Stunden.

2. nach Ingestion von Vegetabilien (Mohr- und Zuckerrüben), deren Rohrzucker durch ihre Zerkleinerung und längeres Liegen schon an der Luft in Traubenzucker verwandelt war;

3. wenn die Verdauung pathologisch gemacht worden war — sei es auf kurze Zeit — durch Injection concentrirter Rohrzuckerlösungen — sei es auf längere Zeit (durch Magenkatarrh). Jene Injectionen (v. Becker und Lehmann) bewirken nämlich Transsudation von Serum, wodurch der Magensaft nicht bloss neutral bis alkalisch wird, sondern ihm auch neue abnorme Fermente beigemischt werden, welche rasch zersetzend wirken. Ebenso führen nach meinen Beobachtungen fortgesetzte Fütterungen mit grossen Rohrzuckermengen (100 g täglich) durch Erzeugung von Magen- und Darmkatarrh zur Ausscheidung pathologischer Fermente. Man kann auch quantitativ die Zunahme der Umsetzung des Rohrzuckers in Traubenzucker mit Zunahme dieses Katarrhs leicht nachweisen[1]).

b) Im Dünndarm beginnt alsbald die Invertirung. Während man bis zu meiner Arbeit nur mit der Trommer'schen oder Fehling'schen Lösung untersuchend, immer nur von der Umwandlung in Traubenzucker sprach, wies ich unter Hoppe's Leitung zuerst auch polarimetrisch mittels des Ventzke-Soleil'schen Apparates auch die Entstehung von Fruchtzucker im ganzen Dünndarm nach.

In quantitativer Hinsicht ist im Magen und Duodenum die Resorption des Rohrzuckers am stärksten, nach dem Ileum hin vermindert sich seine Menge sehr erheblich sowohl durch Resorption als durch fortschreitende Umwandlung in Milchsäure und Fruchtzucker, welcher im Ileum über die geringen Rohrzuckerreste überwiegt und nebst diesen gewöhnlich so völlig resorbirt

1) So enthielten z. B. die von einem mit also erzeugtem Magenkatarrh behafteten Hunde 1/4 Stunde nach Injection einer Lösung von 48 g Rohrzucker in 350 g Wasser erbrochenen, schleimreichen Massen schon 1 Theil Trauben- neben 4 Th. Rohrzucker, am nächsten Tage aber nach einer ebensolchen Injection und auch nach 1/4 Stunde sogar 1 Th. Trauben- neben nur noch 2 Th. Rohrzucker.

wird, dass man im Coecum von beiden nur hie und da noch eine Spur antrifft[1]).

Bei Kaninchen, die mit der erwähnten Vorsicht bis 12 Tage lang mit Mohrrüben gefüttert wurden, fand sich, wie bemerkt, im Magen niemals eine andere Zuckerart als Rohrzucker, der im Dünndarm gleichfalls zerlegt wurde, aber doch noch in kleinen Mengen im Chymus des Coecum nachzuweisen war und sich erst bei dessen Liegen an der Luft in reducirenden Zucker umsetzte.

Der Rohrzucker ist sonach von allen Zuckerarten der den Verdauungssäften am längsten widerstehende. Kleine Mengen unveränderten Rohrzuckers liessen sich bei Kaninchen und Hunden einige Mal sogar im Blute der Vena portar. noch einige Stunden nach der Fütterung nachweisen und zwar nach schleunigster Ligatur oder Compression derselben von der Leber her, um den Rückfluss von Blut aus den Lebervenen zu verhüten; neben diesen (durch Inversion mit HCl ermittelten) kleinen Mengen von Rohrzucker fand sich darin nur ein einziges Mal reducirender Zucker[2]).

Ich darf zum Schluss vielleicht erwähnen, dass dieser oder jener Theil meiner vorstehenden Ergebnisse bereits in den Lehrbüchern der Physiologie von C. Ludwig[3]) und O. Funke[4]), sowie in den Lehrbüchern der physiologischen Chemie von W. Kühne[5]) und Gorup-Besanez[6]) Aufnahme gefunden hat.

1) Wenn Miura, der nur mit todtem Material (ausgeschnittenen Stückchen der Dünndarmschleimhaut von Hunden, sowie des Magens, Dünn- und Dickdarms von Todtgebornen) arbeitete resp. dieselbe mit Rohrzucker digerirte, in seinem Schlusssatze gegenüber den Folgerungen Seegen's (1887) nur erklärt, dass es »im höchsten Grade unwahrscheinlich sei, dass beim Lebenden die gesammte Invertirung im Magen stattfindet«, so musste es schon nach meinen obigen Ergebnissen präciser lauten: dass bei normaler Verdauung die Invertirung nicht im Magen, sondern insgesammt im Dünndarm vor sich geht.

2) Auf diese Resorption bezog ich die Beobachtung, dass das Körpergewicht nicht bloss von gesunden, sondern auch von durch fortgesetzte Zuckerfütterung an fieberhafter Diarrhoe erkrankten Hunden bei dieser (aus Fleisch und Rohrzucker) gemischten Kost mehr zunahm, als während ausschliesslicher Fleischfütterung. — Den Uebergang von Zucker in den Harn habe ich auch nach langem und reichlichem Genusse niemals beobachtet.

3) Bei diesem Autor am eingehendsten (2. Aufl., 1861, S. 634, 635, 648.)

4) 5. Aufl., 1869, I., S. 173. 5) S. 140. 6) 4. Aufl., S. 533.

Beobachtungen und Untersuchungen über den Schlag von Torpedo.

Zweite Mittheilung.

Von

K. Schoenlein,

Vorsteher der physiologischen Abtheilung der zoologischen Station zu Neapel.

(Aus der physiologischen Abtheilung der zoologischen Station zu Neapel.)

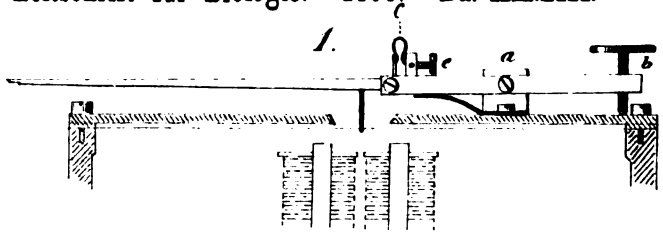
(Mit Tafel VIII u. IX.)

Die im Nachfolgenden mitzutheilenden Beobachtungen schliessen sich an die unter gleichem Titel in Bd. XXXI N. F. XIII dieser Zeitschrift gemachten Mittheilungen an.[1]) Abgesehen von den mehr gelegentlich gemachten Beobachtungen über Immunität, Selbsttetanisirung und Spontanentladungen, habe ich mich besonders damit befasst, die Folgen längerer Durchströmung an Organstücken und die Beziehung zwischen Organwiderstand und Schlagrichtung zu untersuchen. Im Verlauf dieser letzteren Untersuchungsreihe wurde eine, wie ich glaube, werthvolle Beobachtung über die Curarewirkung gemacht.

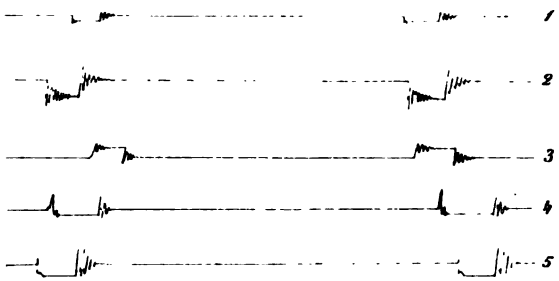
---

1) Wer über diese Arbeit zwecks vorläufiger Kenntniss sich zunächst durch ein Referat unterrichten will, mag sich die Mühe sparen, im physiologischen Centralblatt danach zu suchen. Was die Redaction desselben bewogen hat, die Arbeit nur mit dem Titel anzuführen, ist mir unerfindlich, da die Arbeit, meiner Meinung nach, reichlich ebensoviel von Belang enthält, wie z. B. die in andern Jahrgängen desselben Blattes ausführlich referirten denselben Gegenstand betreffenden Arbeiten Du Bois-Reymond's.

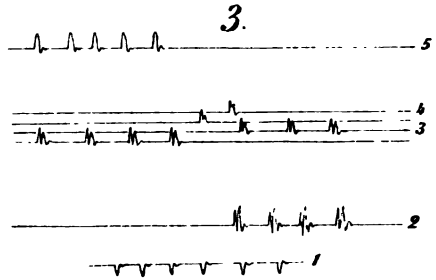
1.


c
c
a
b

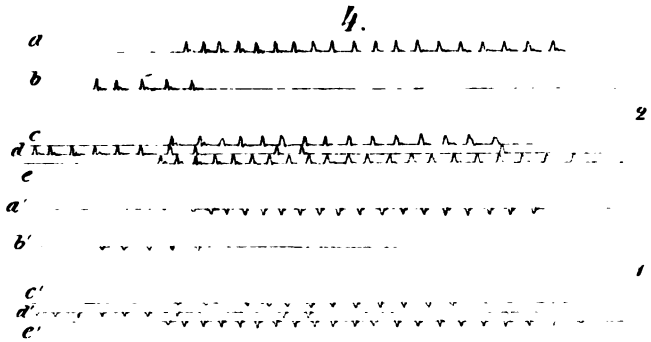
2.


1
2
3
4
5

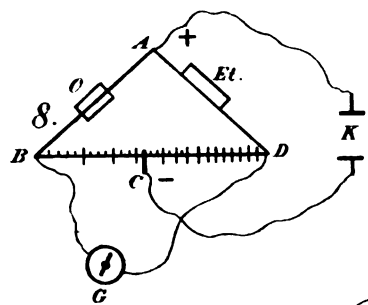
3.


5
4
3
2
1

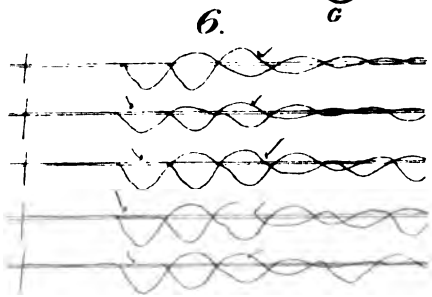
4.


a
b
2
c
d
e
a'
b'
1
c'
d'
e'

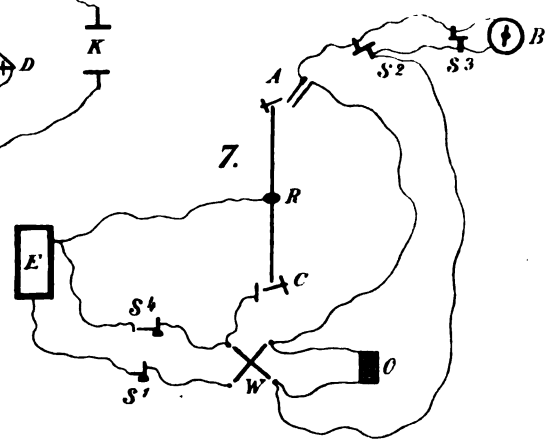
8.


A
+
O
Et.
K
B
D
C
–
G

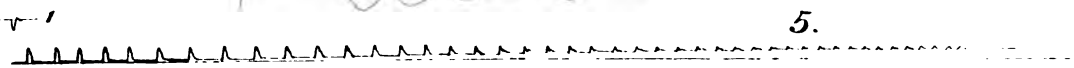
6.

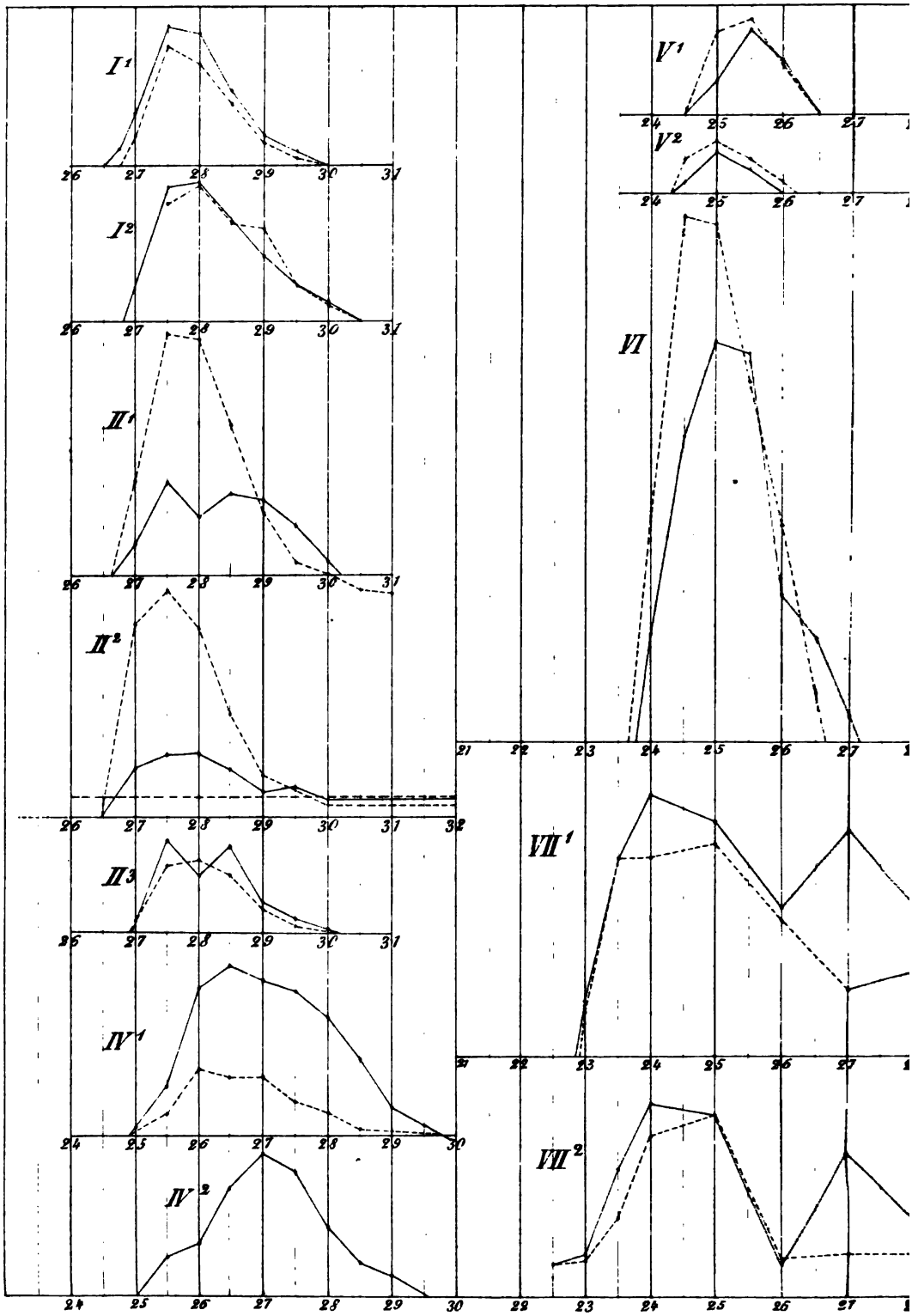


7.

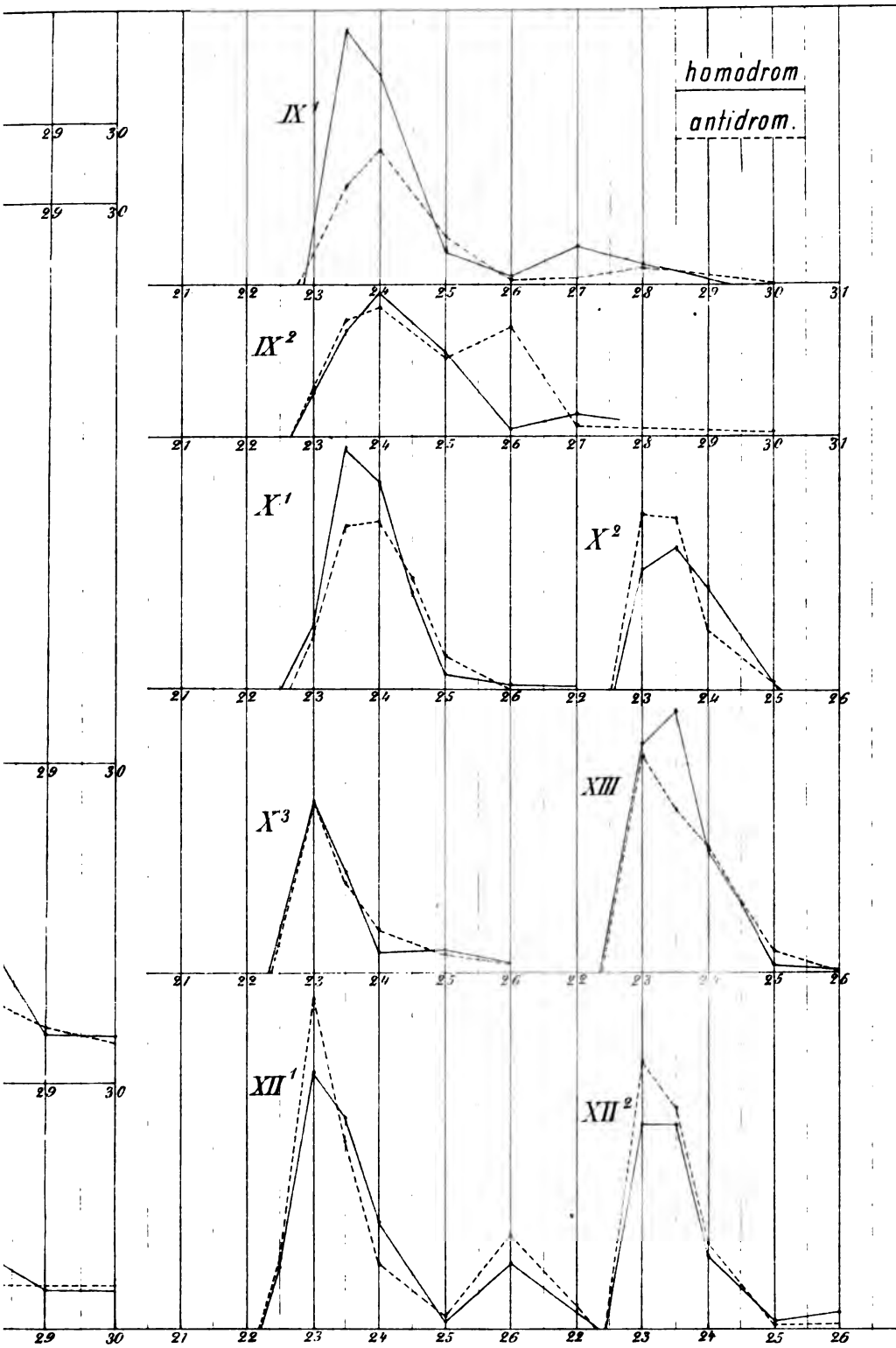

B
S 2
S 3
A
7.
R
E'
C
S 4
O
S'
W

5.




I 1
I 2
II 1
II 2
II 3
IV 1
IV 2
V 1
V 2
VI
VII 1
VII 2

Tafel IX.



Bezüglich des Organwiderstandes hat bekanntlich Du Bois-Reymond seinen Befunden eine, wenn sie richtig ist, höchst beachtenswerthe Deutung gegeben, welcher zunächst von Gotch und dann auch von mir widersprochen ist, ein Widerspruch, welchem auch Biedermann in seiner »Elektrophysiologie« im wesentlichen wegen der Ausführungen von J. Gotch, beistimmt. Aus den Versuchen von J. Gotch kann indessen nur entnommen werden, dass die von Du Bois-Reymond als irreciproker Widerstand gedeutete Erscheinung vor dem Beginn des Schlages nicht vorhanden ist, und Du Bois-Reymond sowohl als Gotch bestimmen den Organwiderstand durch eine Intensitätsmessung. Ueber die Ausdeutung der letzteren aber im Sinne Du Bois-Reymond's müssen so lange Zweifel bestehen bleiben, so lange die Intensitätsvermehrung nicht ausgeschlossen ist, welche der Schlag als Erfolg einer beim Durchströmen unvermeidlichen Reizung hervorbringt. Widerstandsmessungen waren deshalb zunächst so auszuführen, dass die Wirkung des Schlages möglichst ausfiel.

I.

a) Weitere Beobachtungen über die natürlichen Entladungen.

In meiner ersten Mittheilung habe ich angegeben, dass von der schwimmenden Torpedo bisher keine Entladungen zu erhalten gewesen seien. Fortgesetzte Beobachtungen mit dem Telephon haben nun doch gezeigt, dass das Thier, und gar nicht so selten, auch während des Schwimmens Schläge austheilt. Zugleich fiel hier besonders häufig der Wechsel im Klang der Entladungen auf. Die nähere Beobachtung des Phänomens ergab nun, dass dabei der Wille des Thieres gar nicht in Frage kommt, sondern lediglich seine Lage zu den auffangenden Elektroden. Beim Schwimmen pflegt das Thier im allgemeinen eine solche Lage innezuhalten, dass der Rücken nach oben, die Bauchseite nach unten gerichtet ist. Daneben kommen auch, namentlich an den Bassinwänden Abweichungen bis zu einer fast senkrechten Stellung der Körperscheibe vor, schliesslich auch, bei heftigen Bewegungen eine völlige Umkehr, so dass der Bauch nach oben

sieht. Dies sowohl, als auch der Umstand, dass die schwimmende Torpedo bald oberhalb, bald unterhalb der beweglichen Auffangescheibe sich befindet, bewirkt, dass letztere bald der positive, bald der negative Pol der Telephonleitung wird. Damit ändert sich auch, wie jetzt erst bemerkt wurde und später noch bei Beschreibung eines Schreibtelephons zu erörtern sein wird, die Klangfarbe beträchtlich. In dem einen Fall ist der Klang weich und dumpf, im anderer laut scharf, knatternd, Cricri ähnlich. Die Aenderung des Telephonschalles kann auch, ohne an der Auffangeeinrichtung Eingriffe vorzunehmen, einfach durch Umschaltung der beiderseitigen Verbindungen erzeugt werden. In dem einen Fall spricht das Telephon mit Anziehung, im anderen, wenn nicht durch Abstossung, so doch durch Loslassen der Membran. Letzteres bedingt, wie es scheint, die weichere Lautgebung. Doch war die Erscheinung, ich habe im ganzen 5 verschiedene Telephone, davon 3 von demselben Modell, in der Hand gehabt, nicht bei allen ganz die gleiche. Es scheint vielmehr auch diejenige Spannung der Membran in Frage zu kommen, welche ihr bereits in der Ruhe durch die Anziehung des Telephonmagneten zuertheilt wird, und weiterhin der Abstand zwischen Membran und Magnet in der Ruhelage. Als wichtige, beim Schreibtelephon zu erörternde Regel soll darauf geachtet werden, dass das Telephon nur auf Anziehung einzuschalten, also im Sinne der Vermehrung des inducirten Magnetismus im temporären Magneten, wenn man nicht groben Täuschungen über Tonhöhe und Schlagcharakter ausgesetzt werden will. Seitdem ich nun auf die wechselseitige Abhängigkeit von Klangfarbe und Stromesrichtung am Telephon aufmerksam geworden bin, habe ich Aenderungen in der Klangfarbe der natürlichen Entladung nicht mehr beobachtet, ohne dass nicht zugleich in der inzwischen veränderten Stellung des Fisches zum Telephon bereits eine plausible Erklärung des Phänomens zu finden gewesen wäre. Der Wechsel in der Tonhöhe, also der Entladungsrhythmus, hat jedoch mit dieser Erscheinung nichts zu thun, wie die gleich zu besprechende

graphische Darstellung des Schlages durch das Schreibtelephon zeigen wird.

b) Beobachtungen mit dem Schreibtelephon.

Marey hat bereits vor einer Reihe von Jahren das Signal Depretz zur Analyse der Organentladungen benutzt, mit demselben ihre discontinuirliche Natur erwiesen und den Rhythmus in einzelnen Fällen bestimmt. Für die Ableitung unter Wasser erwies sich mir das Signal nicht kräftig genug, und auch bei der Ableitung auf dem Trocknen blieben Schwierigkeiten für eine empfindliche Einstellung der Schreibvorrichtung. Die Zurichtung eines elektromagnetischen Schreibapparates von passenden Widerständen und Dimensionen war bereits geplant, als mir die besondere Reactionsfähigkeit der Telephone auffiel, welche die Firma Hartmann & Braun zu der Universalmessbrücke von Kohlrausch liefert. (Nr. 391 des Kataloges von H. und B., 1894.) Bei günstiger Stromesrichtung hört man den Schall dieses Telephons durch verschlossene Thüren, und bei ungünstiger immer noch ohne besondere Hilfsmittel in dem ganzen, 18 m langen Versuchszimmer. Das Telephon erwies sich zur Umarbeitung in einen Schreibapparat sehr gut geeignet, und wurde, gleich in 2 Exemplaren, für die gleichzeitige Ableitung von beiden Organen, mit Schreibhebel in der Weise versehen, wie die Fig. 1 Taf. VIII zeigt.

In derselben erkennt man zunächst die zwischen dem Rand der Telephondose und dem Deckel eingeklemmte Telephonmembran nebst den Polen des temporären Magneten. Für gute Function ist von Belang, dass durch Anziehen der Pressschrauben die Membran auf ihrem Lager fest angeklemmt wird. Ohne dieses hat sie nicht die richtige Spannung. Es muss auch deshalb bei der Umarbeitung darauf geachtet werden, dass die Klemmfläche des Deckels gut plan, weder schwach convex noch concav ausgedreht wird. Der Träger des Schreibhebels ist nun direct auf dem Telephondeckel drehbar um die Achse *a* befestigt. Die Schraube *b* ändert die Entfernung zwischen Hebelachse und Telephonmembran. Der Schreibhebel selbst ist nun nur

durch ein beiderseits zugespitztes 0,4 mm dickes Stäbchen mit der Telephonmembran in Verbindung. Den dazu nöthigen Druck liefert die Feder *c*. Aenderungen ihrer Spannung, welche durch die Drehung der Schraube *b* beim Heben und Senken der Achse entstehen, können ihrerseits durch die Drehung der das Widerlager bildenden Schraube *e* corrigirt werden. Die Excursionsweite des Hebels und damit die Empfindlichkeit gegen schwächere Schläge ist sehr abhängig von der der Telephonmembran durch den Gebrauch der Einstellungsvorrichtung ertheilten Spannung. Bei einer Hebelübertragung von etwa dem 15fachen kann man Abweichungen von 10 bis 12 mm aus der Gleichgewichtslage erhalten, welche allerdings durch Eigenschwingungen sehr entstellt sind. Die Geschwindigkeit der Schreibspitze geht bei dieser Vergrösserung über 3 Sec.-Meter noch merklich hinaus. Schleuderungen sind unter diesen Umständen in keinem Fall zu vermeiden, da der Hebel eine gewisse Stärke behalten muss, um Durchbiegungen zu vermeiden. Dass solche in starkem Maasse eintreten, kann man leicht erkennen, wenn man die Membran mit der Hand eindrückt, bis sie an den temporären Magneten anstösst. Die Excursionsweite ist dann etwa nur die Hälfte oder je nach der Einstellung noch kleiner. Ich habe deshalb in der Nähe der Spitze des Hebels noch zwei verstellbare Anschläge angebracht, welche so eingestellt werden, dass der eine in der Ruhelage dicht anliegt, während der andere dem Hebel anliegen würde, wenn die Membran bis zur Berührung an den Magneten angezogen ist. Die erste Hemmung allein reducirt die Nachschwingungen fast bis zum unmerklichen, bei Benutzung beider Anschläge erhält man Curven, von denen man zum wenigsten im absteigenden Theil wird annehmen dürfen, dass sie die Aenderungen des Magnetismus im Telephon wenigstens dem Zeichen nach richtig angeben, und dass die Dauer des ganzen Vorganges nicht wesentlich verfälscht ist.

Besondere Bedingung für den Gebrauch des Schreibtelephons ist, wie schon oben erwähnt, dass der Schlag des Organes so durch das Telephon geleitet wird, dass er den inducirten Magnetismus des temporären Magneten verstärkt. Die Kraft

eines Bunsen'schen Elementes genügt fast, wenn der Strom im entgegengesetzten Sinn durch das Telephon geleitet wird, den temporären Magneten zu demagnetisiren. Zwei Bunsen hintereinander ertheilen demselben bereits soviel Magnetismus im entgegengesetzten Sinne, dass die Membran in annähernd gleicher Weise von dem nun umgekehrt magnetisirten Magneten wieder angezogen wird, wie am unerregten Telephon; eine weitere Verstärkung des Stromes nähert die Membran bereits über die Ruhelage hinaus dem Magneten. Durchströmung von einer stärkeren Kraftquelle aus im Sinne der Demagnetisirung hat also zunächst eine Entfernung des Schreibhebels aus der Ruhelage zur Folge, sodann Rückkehr in dieselbe, Ueberschreitung derselben und Stillstand des Hebels bei angezogener Membran, so lange, als die Durchströmung dauert. Dann folgt bei der Stromöffnung Zurückgehen bis auf den Stand bei völliger Demagnetisirung, danach erst Stillstand in der Ruhelage. Während also beim Arbeiten auf Anziehung nur eine einzige Bewegung beistehender Form erfolgt ⌐⌊⌐ tritt beim Schreiben auf Abstossung bei genügender Stromstärke eine solche Curve auf.

Die Figuren 2 auf Taf. VIII zeigen nun das Verhalten des Telephons in den einzelnen angeführten Fällen. Die erregende Stromdauer ist ca. 0,1 Sec. Der Stromschluss wurde durch das Pendel der halbe Secunden schlagenden Zeitmarkirung an der Station vorgenommen. Dasselbe besitzt hierzu an seinem unteren Ende eine leichte, isolirte Platingabel, welche bei jeder Schwingung durch zwei Quecksilbernäpfchen streift und so den Strom schliesst. Das Telephon schrieb in diesem Falle natürlich ohne Hemmungen.

Es ist also über den Sinn einer Stromesrichtung im Telephon nur bedingungsweise etwas auszusagen, und das Telephon bedarf deshalb immer einer Controlle durch andere stromprüfende Vorrichtungen. Zugleich muss festgehalten werden, dass Unterbrechungsanstiege im Verlauf der telephonischen Curve nur dann als Schwankungen der Stromstärke mit Sicherheit ausgedeutet werden dürfen, wenn das Telephon auf Anziehung arbeitet. Da bekannt ist,

dass das Organ bei künstlicher Reizung bedingungsweise mit einer mehrfachen Entladung antwortet, nämlich bei Reizungen der Nerven mit Elektrodenabständen, gegen welche die Nervendicke nicht unbeträchtlich ist, so muss insbesondere in diesem Fall auf die obige Forderung Rücksicht genommen werden. Das gleiche gilt übrigens auch für die natürlichen Entladungen, da diese trotz ihrer kurzen Dauer stark genug sind, gegebenen Falls den Magnetismus des temporären Magneten umzukehren, und dadurch Doppelschläge vorzutäuschen. Eine Reihe solcher falschen Doppelschläge gibt Fig. 3 auf Taf. VIII wieder.

Ich habe nun mit dem Schreibtelephon aufgeschrieben: 1. die Entladungen des frei schwimmenden Thieres; 2. Beobachtungen über die gleichzeitige Thätigkeit der beiden Organe angestellt; 3. die Organentladungen beim Strychnintetanus, und zwar von beiden Organen zu gleicher Zeit aufgeschrieben; 4. Einiges über den Schlagvorrath und die Erholungsfähigkeit am ausgeschnittenen Organ zu ermitteln versucht. Zum Vergleich wurde auch das ganze unverletzte Thier so lange, man gestatte den Ausdruck, maltraitirt, bis es nicht mehr schlug. Auf diesem Wege wurden auch einige Aufschlüsse über den Schlagvorrath und die Erholung des Organes in animale vivo erhalten.

Die Entladungen nun des freischwimmenden Thieres bieten, ausser der, aus den Umständen erklärlichen geringeren Excursionsweite des Schreibhebels nichts Besonderes dar. Dass in solchem Falle auch die Ströme thatsächlich in umgekehrter Richtung in's Telephon treten, wenn der Fisch die Lage wechselt, wurde einmal beobachtet, die Ausschläge erfolgten nach der andern Seite. Die Curve wurde leider nicht aufgehoben.

Zur Entscheidung der Frage nach der gleichzeitigen Thätigkeit beider Organe wurde folgende Einrichtung benutzt. Das Thier wurde wie gewöhnlich mit der Bauchseite auf einen mit beiden Telephonen verbundenen Zinkteller gelagert. Die Rückseite der Organe wird jedes für sich mit einem der Telephone verbunden. Theoretisch würde nun jedes Organ Zweigströme in jedes Telephon senden. Es genügt aber schon, die Auffangplatte vom Organ

herunter und in die Nachbarschaft zu verschieben, um zu bewirken, dass das Telephon nicht mehr schreibt. Zweigströme des einen Organs in das andere, etwa ruhig bleibende genügen also nicht, das andere Telephon zu erregen.

Beim Versuch selbst ist nur noch darauf zu achten, dass die Auffangplatten bei den Bewegungen des Fisches nicht vom Organ herunterrutschen. Letzterenfalls ist es begreiflich, dass gelegentlich nur ein Telephon schreibt, obwohl beide Organe schlagen. Annähen der Platten ist deshalb unvermeidlich.

Unter diesen Bedingungen nun bekommt man nie die Entladung nur eines Organes zu sehen. Vielmehr arbeiten beide zu jeder Zeit und unter allen Umständen gleichzeitig derart, dass, wenn man die Curven übereinanderlegt, die Anfangspunkte sämmtlicher Entladungscurven sich decken. Sie schlagen also so synchron, als ob sie nur ein einziges Organ wären, dessen Nerven zusammen an ihrer Vereinigungsstelle künstlich gereizt würden. Unter diesen Umständen bot nun die Registrirung der Schläge eines strychninisirten Thieres ganz besonderes Interesse, da hier am ehesten ungleichzeitige Entladungen zu erwarten waren.

Von der grösseren Erregbarkeit des Thieres abgesehen, welche sich durch die grössere Neigung zur Entladung des Organes kenntlich macht, ist indessen nichts besonderes aus den Resultaten zu entnehmen. Die Curvenblätter sind, vielleicht von der Häufigkeit des Schlagens abgesehen, in keiner Weise von denen zu unterscheiden, welche unstrychninisirte Thiere geschrieben haben. Zum Versuch wird eine der Kiemenarterien freigelegt, und eine Pravatz'sche Spritze 1 %iger Lösung von Strychninum nitricum centralwärts injicirt. Nach ein bis zwei Minuten beginnen gleichzeitig mit den Krämpfen die Entladungen der Organe und dauern bis zur Erschöpfung des Thieres fort. Nach dem äusseren Ansehen hören Krämpfe und Entladungen gleichzeitig auf, eine Nachprüfung der Organe auf ihre vollständige Erschöpfung habe ich noch nicht durchgeführt. Aus dem Curvenverlauf ist zu entnehmen, dass eine solche vorhanden ist, denn in den letzten Versuchsstadien verläuft der absteigende Curven-

schenkel gedehnter, und es kommt sogar öfter vor, dass der Hebel die Abscisse noch nicht erreicht hat, wenn der nächste Schlag einsetzt. In Fig. 4 Taf. VIII gebe ich ein Stück der Curven, welche bei gleichzeitiger Registrirung der Schläge beider Organe eines strychninisirten Thieres erhalten wurden, in Fig. 5 eine länger dauernde Entladung aus den späteren Versuchstadien, welche die Verschmelzung der einzelnen Entladungen durch die Verlängerung des Schlages zeigt. Diese Curve gestattet zugleich etwas über die Intensitätsverhältnisse und mit Rücksicht darauf, dass der Widerstand des Telephons mit etwa 3 Ohm gegen den zwischen 75 und 200 Ohm zu schätzenden Widerstand des abgeleiteten Organstückes nicht sehr in Rechnung kommt, auch etwas über die elektromotorische Kraft auszusagen, welche das Organ im absteigenden Theil des Schlages noch entwickelt hat. Die Einstellung des Telephons war bei dem Versuch derart, dass ein gewöhnliches Bunsen'sches Element bereits die grösstmögliche Hebelexcursion erzeugte, während ein Daniel'sches Element mittlerer Grösse (Kupfercylinder 12 cm hoch) keine maximale Hebelbewegung mehr hervorrief. Während näherungsweise 0,5 Sec. ist also die Kraft des Organes nicht unter letzteren Werth gesunken. Ich betrachte die hier gegebene Curve zugleich auch als erstes sichergestelltes Beispiel einer, als Nachwirkung eines Schlages, oder richtiger gesagt, als Rest eines solchen oder als Rest einer Entladung zu betrachtenden, elektromotorischen Wirksamkeit des Organes im Ruhezustande. Gegenüber der hier beobachteten Kraft wird man die bestenfalls innerhalb der dritten Decimale liegenden Kräfte, welche Dubois' Reymond bei Ableitung von beiden Hautflächen findet, kaum auf das Vorhandensein des Organes zwischen den abgeleiteten Flächen zurückführen dürfen. Mit Rücksicht auf die später wieder aufzunehmende Frage, ob der Schlag der Nervenendigung oder der elektromotorischen Substanz des Muskels zuzuschreiben sei, hat übrigens die hier beobachtete excessive Dehnung der Schläge durch Ermüdung noch ihr besonderes Interesse darin, dass sie auch als erster thatsächlicher Ausdruck einer Ermüdung der Nervenendigung gedeutet werden kann, für deren Vorhandensein Beweise aus dem Ver-

lauf der Zuckungscurve eines Muskels ja selbstverständlich nicht entnommen werden können.

Die hier mitgetheilte Curve stammte von einem strychninisirten Thier. Gleiche Curven sind übrigens auch von unstrychninisirten Thieren zu erhalten, wenn man sie bis zur absoluten Erschöpfung reizt. Als Kennzeichen einer solchen darf der Umstand nicht betrachtet werden, dass durch die gewöhnlichen intensiven Hautreize auch bei der kräftigsten mechanischen Misshandlung dem Thiere Schläge nicht mehr zu entlocken sind. Oft vermag man in solchem Falle noch durch ausgiebige Anwendung des Inductionsapparates das Thier zum Schlagen zu veranlassen, indem man bei übereinandergeschobenen Rollen, die Elektroden in etwa 1 cm Distanz dem Thier zunächst an beliebigen Körperstellen und zuletzt in der Umgebung der Spritzlöcher aufsetzt. Im primären Kreise genügt ein Bunsen'sches Element. Als letztes Mittel dient dann noch die Zuführung des constanten Stromes einer Säule von mindestens 10 Daniel mit metallischen Elektroden, gegen deren Wirkung der Fisch sich auf das Lebhafteste wehrt. Da die Elektroden stark ätzend wirken, wird die von ihnen erzeugte starke Erregung im Wesentlichen wohl auf die Zersetzung des Kochsalzes im Seewasser zurückzuführen sein. So behandelte Fische starben übrigens stets denselben oder am nächsten Tag. An den Stellen, wo die Elektroden gelegen hatten, war die Haut weiss geworden.

Zahl und Intervall der Organentladungen zeigt sich nun bei der graphischen Registrirung als innerhalb eines sehr grossen Spielraumes frei dem Willen des Fisches unterworfen. Von den Schlägen an, welche von ihren Nachbarn durch Zwischenräume von dem mehrfachen einer Secunde getrennt sind, und die deshalb als Einzelschläge direct bezeichnet werden müssen, können sich die Schläge oder Reihen von solchen, welche über 100 einzelne Schläge zählen bis zu einem engsten Intervall von nahe $^1/_{200}$ Secunde folgen.

Die Organentladung mit Rücksicht auf die Frage der Natur der willkürlichen Contraction behandelt, hat ihr Vergleichsobject in der Dauer einer willkürlichen Innervation. Ueber die Zahl

der Innervationen, welche während der kürzesten Willkürinnervation die einzelne Muskelfaser treffen, ist zur Zeit noch nichts bekannt. Vorausgesetzt, dass bei einer solchen die einzelne Faser mehrmals innervirt wird, so würde die Dauer der kürzesten Willkürinnervation, vermindert um die Dauer des Erschlaffungsstadiums, etwa dasjenige Intervall sein, von welchem ab man die Schläge zu Innervationsgruppen zusammenzufassen hätte.

Dann wurden beobachtet: einzelne Schläge im Abstand von mehreren Minuten, bis zu einzelnen Secunden hinunter, dann in unregelmässigen Abständen von 1, $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ Secunde und weniger, Gruppen von Schlägen, zu etwa 2 bis 5 Schlägen, mit $^1/_{16}$, $^1/_{20}$, $^1/_{30}$, $^1/_{40}$, $^1/_{60}$ Secunde Intervall, und von den nächsten Gruppen durch Zwischenräume beliebiger Länge deutlich getrennt, endlich Reihen von noch mehr Schlägen in engerem Intervall bis zu den engsten überhaupt beobachteten Abständen. Letztere wurden mit 24 Schlägen in 0,128 Secunden = $^1/_{187}$ Secunde festgestellt, eine Frequenz von 180 Schlägen pro Secunde wurde einmal während 0,32 Secunden innegehalten. Die längste bisher beobachtete Schlagreihe dauerte 0,896 Secunden mit im Ganzen 92 Schlägen. Das Intervall der Schläge innerhalb derselben Entladungsreihe ist variabel, Täuschungen durch den ungleichen Gang der Registrirtrommel sind deswegen ausgeschlossen, weil auch der Wechsel der Tonhöhe wahrgenommen wird, sobald man einmal darauf aufmerksam geworden ist. Für mehr als zwei Schläge zusammen ist das Intervall immer kleiner als $^1/_{20}$ Secunde, innerhalb derselben Schlagreihe kommen, bis zu diesem Intervall und von ihm an, Beschleunigungen bis zum engsten Intervall und Verzögerungen bis zu $^1/_{20}$ Secunde hinab vor. Im Uebrigen sind individuenweise, vielleicht von der zufälligen Temperatur des Tages abhängig, nicht alle Schlagfrequenzen von demselben Thier zu erhalten, vielmehr wurden im März 1895 überhaupt nur Schlagintervalle beobachtet, welche grösser waren als $^1/_{30}$ Secunde. Der März ist hier in Neapel noch ein ziemlich kalter Monat.

Das soeben Mitgetheilte bringt, wie ich glaube, sowohl zur Physiologie des elektrischen Organes als auch zur Kenntniss des

Wesens der willkürlichen Contraction sehr wesentliche Erweiterung. Dieselbe liegt darin, dass das Thier auch einen einzelnen Schlag willkürlich abzugeben im Stande ist.

Für das elektrische Organ folgt zunächst hieraus, dass nicht eine, aus mehreren Schlägen zusammengesetzte Organentladung mit der einfachsten Form der durch einen Willensvorgang erzeugten Thätigkeit des Nerven und Muskels zu vergleichen ist, sondern vielmehr nur der einzelne Schlag selbst. Die kürzeste willkürliche Innervation besteht hier aus einem einzigen, nicht mehr in gleichwerthige Unterabtheilungen zu zerlegenden Acte.

Für die Nomenclatur der Organthätigkeit folgt zunächst, dass man den Schlag nicht mehr als Unterabtheilung einer physiologischen Einheit dieser letzteren, welche mehrere Schläge umfassen würde, gegenüberstellen darf. Du-Bois Reymond stellt die »Partialentladung« als Unterabtheilung der »Gesammtentladung« oder dem Schlag gegenüber, indem er aus dem bislang vorhandenen Material gleiche Dauer für Muskelzuckung und Schlag herausdeutet (als Schlag sind hier mehrere Partialentladungen zusammengefasst) oder sie wenigstens als Grössen einerlei Ordnung betrachtet.[1]) Nach dem soeben Mitgetheilen ist es vielmehr nöthig, den Schlag der Schlagreihe oder einer Reihe von Schlägen gegenüberzustellen, wobei unter Schlag wie auch sonst in der elektrischen Nomenclatur, eine einmalige Entladung zu verstehen ist.

Der Vergleich von Schlag und Zuckung mit Rücksicht auf die Dauer der Contraction ist zudem an sich verfehlt. Wenn man diejenige Entladungsform des Organes, welche durch einen elementaren willkürlichen Innervationsvorgang erzeugt wird, mit irgend einer andern in die allgemeine Nerv- und Muskelphysiologie gehörigen Constanten vergleichen will, so kann dies nur die Dauer der elektrischen Vorgänge während der kürzesten Willkürinnervation, allenfalls auch noch die Dauer des Actionsstromes der künstlichen Erregung sein, und die Befunde können auch nur zur Entscheidung der Frage der tetanischen Natur

1) J. Sachs, Zitteraalbuch S. 238 u. f.

kürzester Willkürzuckungen verwendet werden. Die Entscheidung hierüber würde positiv ausgefallen sein, falls sich gezeigt hätte, dass Torpedo keinen einzelnen Schlag zu entsenden im Stande sei, sondern immer nur mehrere zusammen. In diesem Fall wäre die Annahme berechtigt, dass der Complex Gehirn Rückenmark (in diesem Fall Gehirn lobus electricus) nur tetanische Innervationen abzugeben vermag. Stellt man jedoch, wie dies a. a. O. geschehen ist, die Dauer einer aus sich wiederholenden Schlägen zusammengesetzten Gesammtentladung als Einheit der Zuckungsdauer gegenüber, so vergleicht man die Dauer des mechanischen Vorganges der Contraction mit der Organentladung. Die Unlogik des Vergleiches tritt am besten aus den Folgerungen hervor. Wenn er berechtigt wäre, so würde zu schliessen sein, dass die elektrische Thätigkeit des Organes sich aus den Contractionsprocessen entwickelt hätte, diesen und nicht den Actionsströmen homolog ist, ein Gedankengang, auf welchen der Entdecker der negativen Schwankung de facto wohl zu allerletzt verfallen würde.

Wenn die Intensität im Telephonkreise so stark ist, dass die Telephonmembran dem Magneten bis zur Berührung genähert wird, so kann man, so lange dies der Fall ist, über die etwaigen Intensitätsunterschiede der einzelnen Schläge nichts aussagen. Ist die Richtung des Stromes im Telephon diejenige des Arbeitens auf Anziehung, so tritt jener Fall regelmässig ein, solange das Thier frisch ist und auf dem Trocknen abgeleitet wird. Bei Ableitung unter Wasser nähert sich die Membran nur selten dem Magneten bis zur Berührung, leider sind längere Schlagreihen von der Torpedo diesfalls nicht zu erhalten, 6 bis 8 Schläge sind dann schon viel. Benutzt man nun bei der Trockenableitung nur den Dämpfungshebel für die Ruhelage, so beruhigt sich in der Zwischenzeit zwischen zwei Schlägen der Schreibhebel stets so weit, dass er keine Eigenbewegung mehr besitzt, und die Amplitüde des folgenden Schlages durchSummirung mit vorangehenden Schwingungen nicht mehr entstellt wird. Zwischen den Amplitüden der einzelnen Schläge ist dann kein Unterschied wahrzunehmen, aber die Amplitüden

selbst sind klein und darum für gleichbleibende Intensität der einzelnen Schläge nur unvollkommen beweisend. Arbeitet das Telephon bei Trockenableitung auf Abstossung, so sieht man häufig die bei letzterer Schreibweise schon erwähnte Magnetisirung des temporären Magneten mit verkehrten Polen auftreten, also die Form der Telephonschrift, und die Curven ändern auf lange Strecken hindurch weder Amplitüden noch Charakter. Die auftretenden Aenderungen, vor allem das Verschwinden der Einsenkung in Folge der Umkehrung des Magnetismus vollzieht sich vielmehr ganz allmählig erst innerhalb einer Zahl von mehreren Hundert Schlägen. Hat ferner bei Trockenableitung und Schrift auf Anziehung die Schlagkraft überhaupt so weit abgenommen, dass die Abnahme an Verkleinerung der Amplitüde kenntlich wird, so nimmt dieselbe von nun an gleichmässig bis zum definitiven Verschwinden ab und ohne dass jemals der nachfolgende Schlag eine grössere Amplitüde zeitigte, als der vorhergehende. In allen Fällen bleiben jedoch die Aenderungen der Schlagfrequenz bestehen, die bei der willkürlichen Thätigkeit beobachtet werden. Zwar sind beim ermüdeten Thier die Schlagintervalle überhaupt grösser als beim frischen, aber innerhalb derselben Schlagreihe kommen Verkürzungen und Verlängerungen des Intervalls in genau gleicher Weise vor wie bei jenem.

Innerhalb eines bestimmten Zeitraumes giebt also die Torpedo Schläge von einerlei Stärke ab, und spätere Schläge sind nie stärker als frühere. Daraus aber folgt für die Beschleunigungen der Schlagfolge ein ganz bestimmter Sinn. Sie entsprechen einer vermehrten Innervation, und die Vermehrung der Intensität der Innervation wird willkürlich nicht erreicht durch Steigerung der Intensität der einzelnen Erregung, sondern durch Häufung der Innervationen. Auf die willkürliche Muskelcontraction übertragen, würde dies bedeuten, dass die Steigerung derselben nicht erreicht wird durch Steigerung der Intensität der einzelnen Innervationsacte, sondern durch ihre Häufung.

Wenn die Bewegung des Hebels durch Anschlag in der Ruhestellung gedämpft wird, so erfolgt bei demselben Schlag keine neue Hebelbewegung im Sinne einer fortgesetzten oder wieder beginnenden Anziehung mehr, sobald der Hebel überhaupt den Anschlag berührt hat. Bestünde im Kreise noch eine elektromotorische Kraft von etwa ein Daniel, so würde der Hebel merklich wieder in eine Anziehungslage zurückkehren. Die Kraft des Schlages beträgt in maximo, wie ich in meiner ersten Arbeit über Torpedo mitgetheilt habe, 30—31 Daniels. Es folgt also daraus, dass zur Zeit der Rückkehr in die Nulllage die Kraft des Schlages auf weniger als $^1/_{30}$ ihres Maximalwerthes bereits gesunken ist. Die Dauer der Hebelexcursion ist also keinesfalls kleiner als die des Schlages, und der wesentliche Theil der Entladung muss sich in der Zeit von Beginn bis zum Ende der Hebelbewegung vollzogen haben. Danach würde die Dauer der willkürlichen Entladung nicht über $^1/_{250}$ Secunde zu schätzen sein. Die Dauer einer einfachen, durch Reizung der Organnerven erzeugten künstlichen Entladung ist, wie a. a. O. S. 509 angegeben wurde, im Mittel gleich 0,006 Sec. Bei letzterer kommen nun in Folge der Versuchsanordnung noch Theile des Schlages zur Beobachtung, welche den Telephonhebel sicher nicht mehr in Bewegung setzen würden. Ich halte deshalb den natürlichen Schlag und den durch künstliche Reizung hervorgerufenen für von gleicher Dauer.

Für die Glaubwürdigkeit des Telephons werden zunächst Curven beweisender sein, bei welchen der Schreibhebel mit nur geringer Steilheit bis zur Abscisse herabgeht. In den letzten Schlägen einer Schlagreihe findet man solche häufiger verzeichnet. Ganz besonders geeignet zur Zeitmessung sind diejenigen Stadien einer Schlagreihe, in welcher die Schläge sich soweit verlängern, dass in dem zwischen zwei Schlägen liegenden Intervall der Hebel überhaupt nicht zur Abscisse zurückkehrt. Der als eigentliche Schlag auszusondernde Theil einer solchen Curve dauert nicht über 0,006 Secunden. (Vgl. Taf. VIII Fig. 5.) Für die Schreibweise durch Abstossung der Membran lässt sich für den Fall der Magnetumkehrung, also bei der Curve mit ziemlicher

Sicherheit annehmen, dass der Strom mindestens bis zum Auftreten der zweiten Zacke gedauert haben muss. Für diesen Fall kommen als kleinstmögliche Werthe solche von 0,003 Secunden heraus. Zwischen diesen und 0,006 Secunden würde also die Schlagdauer eingeschlossen sein. Für die angegebenen Zeitwerthe finden sich Belege in den bereits auf Seite 416 u. f. genannten Curven. Ich sehe deshalb von einer weiteren Hinzufügung solcher an dieser Stelle ab.

Das Thier vermag also willkürlich eine einmalige Erregung des Organes zu erzeugen, deren Dauer sich von einer künstlichen nicht unterscheiden lässt. Ich gestehe gern, dass ich jedes andere Resultat eher erwartet hätte als dieses, da denn weder die Erzeugung nur eines einzigen Schlages, noch eine Dauer von der Länge des künstlich erzeugten Schlages nach den bislang über die natürliche Innervation zur Zeit im Umlauf befindlichen Auffassungen zu erwarten gewesen wäre. Inzwischen aber gestatten die vorliegenden Zahlen noch einen Schluss auf die Dauer des willkürlichen Vorganges im Nerven selbst. In den sub Versuch No. XXX meiner vorigen Arbeit über Torpedo in den angehängten Versuchsprotocollen mitgetheilten Beobachtungen über die Abhängigkeit der Schlagform von der Elektrodendistanz finden sich Beispiele, dass das Organ den Abstufungen der Erregung im Nerven auch auf Zeiten zu folgen im Stande ist, welche unter 0,002 Secunden heruntergehen. Denn der Schlag kann sich bei kurzen Elektrodendistanzen in Theile spalten (Curve 51), welche etwa diese Zeitdauer einnehmen. Es ist also mindestens nicht zu erwarten, dass bei 0,004 Secunden Dauer der natürliche Schlag kürzer sein sollte als die Erregung im Nerven. Es ist vielmehr natürlich anzunehmen, dass letztere kürzer sei oder doch nur gleichlang mit jener. Daraus würde folgen, dass die Dauer der Erregung bei einer willkürlichen Innervation des elektrischen Nerven in Letzterem nicht grösser ist als 0,004 Secunden. Dies wäre zugleich der erste bis jetzt bekannte Werth über die wirkliche Dauer des natürlichen Erregungsvorganges im Nerven. Die gegebene Zahl fällt mit der früher von Herrmann, und zuletzt

von F. Verwej bei künstlicher Reizung erhaltenen Dauer der Actionsströme in eine Ordnung.

Die Registrirung der Schläge bis zur Erschöpfung des Thieres bietet Gelegenheit, sich über die Zahl der Schläge zu unterrichten, welche das Thier sozusagen im Vorrath hat. Die ziemlich langwierigen Auszählungen, bei welchem wegen der absolut unregelmässigen Zerstreuung der Schläge über die ganze Papierfläche nur ein directes Auszählen übrig bleibt, ergeben, dass über 2000 Schläge von dem Thier in einer Versuchsreihe von vielleicht 15—30 Minuten nicht abgegeben werden können, ohne das Organ bis zur absoluten Unwirksamkeit zu erschöpfen, und dass in weit überwiegendem Maasse dies schon bei 1000 Schlägen der Fall ist. Jenseits des achten bis neunten Hunderts erreicht der Hebel nicht mehr die Maximalexcursion und mit einigen weiteren 100 bis 150 Schlägen ist das Organ zumeist erschöpft, und das Thier bedarf einer Erholung von nicht unter einer Viertelstunde, ehe es überhaupt wieder spontan einen Schlag abgibt. Wenn es sich aber soweit erholen soll, dass es in seinem Bassin, ohne berührt zu werden, der vorgehaltenen Auffangplatte Schläge zusenden soll, so muss es viele Stunden in Ruhe gelassen werden. Bei der Langsamkeit seines Kreislaufs ist eine langsame Erholung verständlich. Ehe in den Kreislauf gebrachte farbige Lösungen das ganze Thier gleichmässig gefärbt haben, dauert es Viertel- und halbe Stunden, wie ich dies bei den Versuchen Indigocarmin zu injiciren, bei der Injection concentrirter und darum auch das Thier färbender Curarelösungen u. s. w. gesehen habe. Die obigen Zahlen für den Schlagvorrath gelten auch für die etwa 6 Versuche mit Strychnineingaben, welche ich angestellt habe. Auch bei ihnen blieb die Summe der Schläge, welche das Thier bis zur Reactionsunfähigkeit abgab, zwischen 1000 und 1200.

Es gilt ferner derselbe Werth für das ausgeschnittene Organ. Für diesen Versuch kann man sich der Theilstücke des Organes mit dem an jedem belassenen Nerven ebensogut bedienen, wie bei den Rheotomreizungen, indem man die Stücke mit Bauch- und Rückenfläche zwischen 2 Zinkplatten legt, welche die Pol-

enden des Telephons bilden. Dabei erreicht man durch periodische Reizungen in längeren Pausen oder durch Vertheilung der einzelnen Schläge auf einen längeren Zeitraum auch nur Zahlen derselben Ordnung und die eine Reizart holt nicht mehr Schläge aus dem Organ als die andere. In einem Fall ergab z. B. die Reizung unter Zuhülfenahme des Metronoms ca. 950 Schläge in Gruppen zu 4—5 und halbsecundlichem Intervall der Gruppen und dieselbe Schlagzahl, als bei einem zweiten Stück desselben Organs der Nerv immer fort bis zur Erschöpfung gereizt wurde. Im ersten Falle dauerte die Reizung etwa 2 Minuten, im andern Fall nur 15 Secunden. In beiden Fällen war nach etwa 10 Minuten die Erregbarkeit noch nicht wiedergekehrt. Am Froschmuskel würde in dieser Zeit eine merkliche Erholung zu beobachten gewesen sein. Im übrigen ist es wohl kein Spiel des Zufalls, dass die Ueberlebensfähigkeit der ausgeschnittenen Froschmuskeln, beispielsweise des Gastrocnemius, nach Zuckungen des n. b. unbelasteten Muskels geschätzt, sich auch in diesen Grenzen bewegt.

Ich schliesse hieraus, dass man mit der Annahme wird vorsichtig sein müssen, dass Dauer und Verlauf der natürlichen Erregung in den übrigen Nerven so weit von den durch die momentane Reizung enthaltenen Werthen abweichen, dass sich aus ihnen allein die secundäre Unwirksamkeit der willkürlichen Contractionen erklären lässt. Man muss vielmehr die Möglichkeit im Auge behalten, dass die secundäre Unwirksamkeit, nach der alten Brücke'schen Auffassung ausschliesslich auf ungleichzeitiger Innervation der in gleichen Querschnittsebenen liegenden Faserquerschnitte beruht.

Graphische Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung.

Die prompte Reaction des Schreibtelephons legte es nahe, dasselbe auch zum Studium der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung zu verwenden. Da bei der benutzten, nur mässigen Vergrösserung die Geschwindigkeit der Schreibhebelspitze über 3 Sec.-Meter hinausgeht, so darf man sich grosser Trommel-

geschwindigkeiten bedienen, und man erhält doch sehr präcis von der Abscisse sich abhebende Curven.

Der Versuch zeigt zunächst, dass wenn man auf der rotirenden Trommel in der gebräuchlichen Weise die letztere einen Contact unterbrechen lässt, und mit dem dadurch erzeugte Oeffnungsinductionsschlag den elektrischen Nerven reizt, dass ceteris paribus die aufgeschriebenen Curven ineinanderfallen. Der Versuch bietet also bezüglich dieses Punktes dieselbe Sicherheit wie ein anderer myographischer Versuch. Es wurde nun der Nerv theils mit zwei in entsprechenden Abständen stehenden Elektrodenpaaren successive gereizt, und der Wechsel in den Elektrodenpaaren durch Umlegen einer Wippe ohne Kreuz ausgeführt oder in anderen Versuchen nur ein einziges Elektrodenpaar mit grossem Elektrodenabstand benutzt, und die Reizstelle durch Aenderung der Stromesrichtung gewechselt.

Die dabei erhaltenen beiden zu einander gehörenden Curven je eines Curvenpaares sind nun keineswegs immer congruent. Vielmehr ist an der zur entfernteren Nervenstrecke gehörigen Curve bei der letzt erwähnten Reizungsart häufig ein Vorgipfel zu sehen, der an derselben Stelle der Curve aushebt, an welcher die der näheren Nervenstrecke zugehörige Curve beginnt. Jenseits dieses Vorgipfels jedoch verlaufen die aufsteigenden Curvenschenkel und zumeist auch der absteigende Curvenschenkel bis zur ersten Nachschwingung zumeist mit ausreichender Congruenz. In den Nachschwingungen jedoch sind öfters Unterschiede kenntlich, welche darauf hindeuten, dass dieselben nicht frei ablaufen, sondern durch erneute elektrische Processe in verschiedener Weise beeinflusst werden. Für den Vorgipfel aber ist zunächst die Vermuthung gerechtfertigt, dass er seine Entstehung einer mittleren Stromstärke verdankt, bei der beide Elektroden gleichzeitig erregend wirken, eine Erscheinung, welche durch das gewöhnliche Nervmuskelpräparat wohl in keiner Weise zu demonstrieren sein dürfte, und deren Demonstrationsmöglichkeit in eben der kurzen Dauer des Schlages gegenüber der Muskelzuckung begründet ist. Eine experimentelle Auseinanderlegung des Phänomens habe ich jedoch gegenwärtig noch

nicht vorgenommen. Dieselbe wäre jedoch noch nöthig, da bei der grossen Dicke der elektrischen Nerven das Vorhandensein kathodischer Stellen an der positiven Elektrode und umgekehrt keineswegs mit Sicherheit ausgeschlossen ist.

Andere Eigenthümlichkeiten der Curven, welche man in den auf Taf. VIII Fig. 6 beigegebenen Abbildungen deutlich wird erkennen können, übergehe ich, weil ihre Ursachen noch zu unklar sind, und ihr Entstehen im Schreibapparat nicht ausgeschlossen ist. Aus dem mir vorliegenden Material greife ich zunächst, wegen des besonderen Interesses der Reizungsart, nur einige Zahlen heraus, welche bei Reizung mit nur einem Elektrodenpaar und Wechsel in der Stromrichtung gewonnen wurden. So wurden z. B. erhalten bei einem Bunsen'schen Element im primären Kreise und übereinander geschobenen Rollen 16,3 · 18,6 · 19,2 m Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Als bei dem letztbenutzten Nerven die Reizstärke durch Verschiebung der Rolle auf 5 cm Abstand stark vermindert wurde, stieg die Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf 32,5 m pro Secunde. Der geringste in diesen Versuchen beobachtete Werth betrug 14,36 m, er wurde erhalten bei Benutzung einer constanten Kette von 16 Daniels. Die Reizung geschah durch Unterbrechung einer Nebenschliessung, der Abstand der unpolarisirbaren Elektroden betrug 53 mm. Werthe in der Gegend der 30 m pro Secunde wurden keineswegs selten beobachtet, und fast immer nur bei schwächerer Reizung, wobei die Näherung der secundären Rolle bis auf Null jedesmal die Curvenabstände wieder vergrösserte. Eine genauere Analyse der Erscheinung gedenke ich in einer später zu unternehmenden Untersuchung noch auszuführen. Zunächst ergeben die Beobachtungen, dass geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeiten als 14 m pro Secunde für den Torpedonerven bei Zimmertemperatur jedenfalls nicht die Regel sind.

II. Die Selbsttetanisirung des Organs.

In der vorigen Mittheilung war gelegentlich der Versuche, den Organnerven chemisch zu reizen, erwähnt worden, dass das Telephon leise zu singen anfängt, wenn der in Kochsalzbrei

eingebettete Nerv angeschnitten wurde. Die Möglichkeit, dass es sich dabei um Erregungen handelte, welche von der Organentladung selbst ausgingen, war dabei nicht ausgeschlossen. Die gleiche Erscheinung hat sich nun wiederholt bei anderen Versuchen und vor allem auch bei elektrischer Reizung gezeigt. Der Inductionsschlag sowohl als der constante Strom, letzterer bei seiner Schliessung, erzeugen am Nervorganpräparat ebenfalls Singen in dem angelegten Telephon. Ich habe häufig vor Beginn des Singens noch einen einzelnen Schlag aufschreiben können. Wenn das Singen vorbei ist, ist die Schlagkraft des Organs beträchtlich geschwächt. Man erkennt dies sowohl am Telephonschall als auch an der bis auf die Hälfte und mehr gesunkenen Excursionsgrösse des Telephonschreibhebels. So viel bis jetzt bemerkt wurde, sind zum Zustandekommen des Singens die schlagkräftigsten Präparate die geeigneten, schwache Organe singen nicht. Auch ist es bis jetzt nicht möglich gewesen, das Singen zweimal an demselben Nervorganstück zu erzeugen. Es ist zu Anfang am lautesten, verlischt nicht allmählich bis zur Unhörbarkeit, sondern hört mit einer Schallstärke auf, welche sicherlich noch über der Grenze des im Augenblick des Versuchs ohne besondere Aufmerksamkeit Hörbaren liegt. Da es immer überraschend und als unerwünschte Zugabe bei anderen Versuchen gekommen ist, kann ich die bei günstigem Zufall ja leicht zu erhaltende zahlenmässige Angabe über Tonhöhe und Dauer noch nicht vorlegen. Die Tonlage würde die der Frauenstimme sein, also hoch, ich lege auf diese Angabe wenig Werth, nachdem ich gesehen habe, dass das Schreibtelephon als einzelnen Schlag verzeichnet, was ich dem Gefühl und Gehör nach unbedenklich als Schlaggruppe bezeichnet haben würde. Die Dauer des Singens bemisst sich nach Secunden oder deren Bruchtheilen, soweit die Angabe ohne besondere zeitmessende Apparate zu machen ist. Gewisse Grenzen für dieselbe ergeben sich aus der Tonhöhe und dem Schlagvorrath des Organes. Bei einer Frequenz von 250 pro Secunde würde die Gesammthörbarkeit ohne Anlegen des Telephones an das Ohr nicht über 4 Secunden gehen, und die Verkleinerung der

Telephonschrift nach 3 Secunden schon gut ausgesprochen sein, über 2 Secunden wird das Singen kaum gedauert haben.

Für die Einregistrirung der Erscheinung unter das am Nerv-Muskelpräparate Bekannte wäre zunächst daran zu denken, dass am abgekühlten Froschnerven auch häufig nicht der abtrennende Schnitt, sondern der erste Inductionsschlag Tetanus hervorruft. Die Ursachen könnten dort sowohl wie hier die gleichen sein. Ich habe nun ein einzelnes Mal einen Schnitt anlegen können, während das Telephon im Singen begriffen war. Das Singen hörte nicht mit dem Schnitt auf, sondern deutlich später, eine Modification des Vorgangs durch den Schnitt war nicht zu erkennen. Wenn nun hier der einzelne Versuch auch nicht viel besagt, so lässt er mindestens die Möglichkeit offen, dass die Erregung nicht an der Elektrodenstelle ihren Sitz hatte. Auch der musikalisch reine Charakter des Tones, dessen Höhe sich während der Beobachtungszeit nicht merklich veränderte, spricht gegen eine Analogie des Organeigentetanus mit der gelegentlich als Erfolg des Inductionsschlages auftretenden Muskelcontraction. Es scheint demnach, und hierfür wäre wohl die Eintrittsstelle des Nerven in das Organ der Platz, an welchem der Vorgang in der Hauptsache ablaufen würde, dass die das Organ durchsetzenden Eigenschläge die Ursache des Tetanus sind. Man fragt zunächst, warum dann das Organ sich nicht sofort bis zur Erschöpfung tetanisire. Eine solche Erschöpfung tritt aber auch auf. Nach dem Ablauf des Singens ist das singende Organstück in seiner Leistungsfähigkeit hochgradig geschwächt. Es hat sich dann eben bis zu einem solchen Grad der Erschöpfung tetanisirt, dass die noch restirenden Schlagkräfte nicht mehr fähig sind, den eigenen Nerven ferner zu erregen. In der Erschöpfung selbst liegt die Ursache des Aufhörens weiterer Erregungen. Es erklärt dies zugleich auch, warum das Telephon nicht bis zur Unhörbarkeit der Schläge fortsingt. Die zur Erregung nothwendige Stromstärke sinkt unter den besonderen Umständen der Lagerung des zu erregenden Nerven, bei der starken Nebenschliessung, die das Organ selbst bietet, eher unter die Schwelle, als die Anspruchsfähigkeit des Telephons.

III. Weitere Beobachtungen zur Immunitätslehre.

Wenn sich die eben angeführte Hypothese von der Ursache des Singens durch andere Versuche noch stützen lassen sollte, so wäre in ihr ein weiterer Grund gegeben, eine besondere Immunität der Torpedo gegen ihren eigenen Schlag zu bestreiten. Ausser den schon a. O. angeführten Beobachtungen, dass die Torpedo mit grosser Regelmässigkeit Mitbewegungen macht, wenn sie ausserhalb des Wassers schlägt, ist nun noch die nachfolgende Erscheinung anzuführen, welche zu dem Singen offenbar Beziehungen hat, und die Durchströmung der Organumgebung von Schlägen solcher Stärke beweist, dass entweder die Muskeln direct, oder doch zur Erregung günstig gelagerte Nerven gelegentlich von den Organschlägen so getroffen werden können, dass Erregung daraus resultirt.

Der äussere Rand des Organes wird bis weit nach vorn von einem Knorpelstabe umfasst, der den Knorpelstrahlen und Muskeln des Flossensaumes zum Ansatz dient. An diesem bemerkt man, vielleicht bei jeder fünften oder zehnten Präparation, dass sich derselbe, namentlich am hinteren Ende, in die Höhe biegt und in dieser Lage kurze Zeit beharrt, wenn einer der Nerven des Organes, vor allem der dritte oder vierte, durchgeschnitten wird. Die Bewegung verdankt ihre Entstehung offenbar derselben tetanischen Erregung, welche das Singen im Telephon erzeugt. Die Erscheinung tritt auch noch auf, wenn das Gehirn und Rückenmark bereits zerstört oder in Folge der Präparation die den Flossensaum versorgenden motorischen Nerven bereits durchschnitten sind. Zugleich ist fast immer deutlich, dass nur der an der hinteren Umrandung gelegene Theil des Flossensaumes in Contraction geräth. Wenn es sich um Reizung des gemeinschaftlichen Nervenstammes handelte, müsste der ganze Flossensaum sich bewegen. Es handelt sich also um directe Reizung einzelner Muskelfaserpartien, oder zum wenigsten um Reizung der in ihnen gelegenen Nerven. Die Ströme sind also fallweise stark genug um die Muskelfasern des Fisches direct zu erregen, auch wenn nur einzelne Theile des Organes in Thätigkeit treten, und die Nervenstämme, um des im wesentlichen queren Verlaufs

der Stromfäden in ihnen unter ungünstigen Erregbarkeitsbedingungen sich befinden. Für Torpedo folgt daraus, dass die Hauptursache, warum sie nicht bei ihren eigenen Schlägen zuckt, in der guten Nebenleitung durch das Seewasser zu suchen ist, welcher einen grossen Theil der Stromescurven gar nicht durch ihren eigenen Leib, den Rest aber in solcher Verdünnung durch sie hindurchgehen lässt, dass sie zur Erregung auch der Muskeln anderer Thierklassen nicht hinreichen würden, wenn dieselben an Stelle der Torpedo sich befänden.

IV. Schlagverlauf bei directer Organreizung.

Versuche über den Schlagverlauf bei directer Organreizung sind in einigen Fällen bereits von Gotch angestellt worden. Bei der Wichtigkeit, welche die directe Reizung mit Bezug auf die irreciproke Leitung Du Bois-Reymond's einnimmt, schien es vor allem nöthig, die Beziehung der Erregbarkeit des Organes zur Durchströmungsrichtung und den Schlagverlauf bei beiden Durchströmungsrichtungen auch bei Erregung durch den Kettenstrom kennen zu lernen. Namentlich für den letzteren Fall war es nöthig, die Untersuchung so durchzuführen, dass die Ordinaten der einzelnen Schlagcurven bei beiden Durchströmungsrichtungen immer auf derselben Ermüdungsstufe gewonnen werden, wie ich dies a. O. mit Bezug auf die Abhängigkeit des Schlages von der Richtung des erregenden Stromes im Nerven gethan habe. Die benutzte Anordnung war folgende: In Fig. 7 (Taf. VIII) bezeichnen: E die Batterie des Reizkreises, in welchem je nach Bedürfniss 50 Daniel'sche und weiter 9 Bunsen'sche Elemente zur Kette verbunden waren, R einen Durchmesser des Rheotomrades, A die Boussolableitung, C den Reizcontact, W einen Stromwender und O endlich das aus einem Bündel Säulen bestehende Organpräparat, welches durch unpolarisirbare an Rücken und Bauchhaut angelegte Elektroden in den Versuchskreis aufgenommen wurde. Zur Zeit, wo durch Vorreiben des Schlüssels S_1 und den Streifcontact C der Reizkreis geschlossen ist, ist in der Boussolableitevorrichtung der Boussolkreis offen. Nach Ablauf des Streifcontacts schliesst sich in bekannter Weise

der Boussolkreis temporär bei *A*. Durch Umlegung der Wippe bei *W* kann die Richtung des erregenden Stromes im Organ beliebig gewechselt werden. Bei stillstehendem Rheotom kann endlich durch Schluss von S_4 das Organstück beliebige Zeit durchströmt, und kurz darauf durch Wiederingangsetzen des Rheotoms auf seine Schlagkräftigkeit untersucht werden, indem man zu diesem Zweck den Reizcontact auf eine beliebige, am besten die stärkste Phase des Rheotoms einstellt, und die Ablenkungen vor und nach dieser Durchströmung miteinander vergleicht.

Bearbeitet habe ich ausschliesslich die Wirkung kurz dauernder Stromstösse, wie solche der Streifcontact liefert. Wo es sich um den Einfluss der Stromesrichtung handelt, sind beim repetirenden Rheotom Inductionsströme ohnehin nicht anzuwenden, weil der Streifcontact stets Inductionsströme in beiden Richtungen liefert. Hiervon abgesehen hätte aber ausserdem noch eine repetirende Unterbrechungsvorrichtung für den Kreis der secundären Spirale mit eingeschaltet werden müssen, einmal, weil der Inductionsschlag länger dauert als die Schlaglatenz beträgt und ausserdem, weil die Spirale selbst eine Nebenschliessung für den Schlag und die Boussole bildet.

Die Aufnahme des Präparates in den Rheotomkreis, Dimensionen und Lagerung der Stücke wurden mannigfach variirt. Als nettestes und reinlichstes Präparat erwies sich schliesslich eine Combination aus mehreren Versuchsweisen Du Bois-Reymond's, indem die von ihm benutzte Zulegung des Organes in Streifen mit dem Schinkenmesser mit der Einführung derselben in die ebenfalls von ihm bei den Widerstandsmessungen verwendeten Glasröhren combinirt wurde. Indem man das in ein — passend gewähltes Glasrohr eingeführte Organstück an den in den Rohrenden liegenden Bauch- und Rückenflächen mit Thon bedeckt, und diesen bis zur Rohröffnung auffüllt, gewinnt man ein sehr sauber zu hantirendes Präparat, welches ohne weiteres an die Zinkbäusche der unpolarisirbaren Elektroden angelegt werden kann. Ein Theil der am Schluss dieser Arbeit protocollweise mitgetheilten Versuche ist übrigens noch am frei zwischen den

Elektroden hängenden Säulenbündel durchgeführt. Es ist bei diesem nicht nöthig, den Säulen parallele Lagerung zu geben. Das Säulenbündel vielmehr kann beliebig gebogen und tordirt sein, ohne dass man einen Einfluss auf den Schlag merken kann.

Das Einziehen der Säulenbündel in das Glasrohr geschah theils durch Saugen, theils indem ein in die Rücken- oder Bauchhaut genähter Faden zum Durchziehen benutzt wurde. Bei den Manipulationen zum Einführen der Bündel in das Rohr überzeugt man sich, wie ausserordentlich resistent gegen mechanische Misshandlung das Organ gebaut ist. Beim Durchziehen oder Saugen quetschen sich ganze Säulen ab, oder es reisst die Haut, und schliesslich hat das ganze Bündel im innern des Rohres eine solche Spannung, dass es, am einen Ende des Glasrohres eingesaugt, am andern Ende mit nicht geringer Elasticität herausgleitet, wenn seine freie Fläche an der andern Rohröffnung ankommt, indem das freie Ende wie der Kopf eines Pilzes sich über den Rand des Rohres ausbreitet. Man muss deshalb zunächst das freie Rohrende mit dem Finger schliessen, sobald das Präparat ins Rohr hineingeschlüpft ist, dann auf das andere Ende Thon aufkneten, und darf nun den Finger erst loslassen. Die Manipulation misslingt öfter, ohne dass man deswegen ein neues Bündel zuzuschneiden nöthig hätte, das alte ist vielmehr noch durchaus schlagkräftig geblieben. Schliesslich kann man sogar, wenn man will, eine einzelne Säule oder ein abgequetschtes Stück einer solchen benutzen, ohne dass man einen nach der Rheotomeinstellung wechselnden Galvanometerausschlag ganz vermissen würde.

Der Rohrdurchmesser war etwa 1 cm, die Bündel selbst, je nach der Grösse des Fisches und dem zufälligen Dehnungsgrad, den sie durch das Einführen in das Rohr zugetheilt erhielten, zwischen 30 und 50 cm lang. Bündel ohne Rohr hatten zumeist mehr als 1 qcm Querschnitt. Es scheint als ob bei diesen Dimensionen etwa 30 Daniel das Minimum wären, dessen man sich zur Reizung bedienen darf. Es kam öfter vor, dass Bündel, welche mit einer geringeren Elementenzahl, etwa 25, schwache und unregelmässige Ausschläge gaben, kräftig wirkten, als die Kette auf 50 Daniel und darüber verstärkt wurde.

Jedenfalls muss der Elementenzahl Aufmerksamkeit gewidmet werden, wenn in den Versuchen Unregelmässigkeiten auftreten.

Hat man nun so viel Elemente vorgelegt, dass man überhaupt kräftige Ausschläge bekommt, und dieselben vor allem während der Reizung bei ungeänderter Rheotomeinstellung nicht ruckweise abnehmen — wenn die Contacte in Ordnung sind, ist dies auch hier das Kennzeichen submaximaler Reizung, wie beim Muskel — so darf man sich nicht irre machen lassen, wenn mit dem Richtungswechsel des erregenden Stromes starke Ausschlagsdifferenzen einhergehen. Wie ein Blick auf die Curventafel IX lehrt, ist es keineswegs Regel, dass heterodrome und homodrome Reizströme Schläge von gleichem Verlauf hervorrufen, und ebensowenig ist eine Regelmässigkeit in den beobachteten Unterschieden zu bemerken. Auf der Tafel ist der durch heterodromen Reizstrom erzeugte Schlag punktirt gezeichnet. Bald ist die punktirte Curve die höher steigende, bald die andere. Am Apparat selbst kann man sich von der Abwesenheit von Versuchsfehlern dadurch überzeugen, dass man durch eine Wippe ohne Kreuz statt des Organbündels ein Thonphantom einschaltet, oder ein solches an Stelle des Organes im Glasrohr zwischen die Elektroden bringt. Der jetzt in gleicher Weise, nur ohne Organ functionirende Stromschluss am laufenden Rheotom bringt nunmehr keinerlei Ausschlag an der Boussole hervor.

Zunächst ergiebt sich nun, dass das Organ zwar für beide Stromesrichtungen erregbar ist, aber ohne dass ein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen Schlagverlauf und Reizstromrichtung existirt. Weiterhin scheint mir bemerkenswerth, dass die Entladung oft oscillirender Natur ist, und, was wahrscheinlich mit der Oscillation der Entladung auf gleichen Grund zurückzuführen ist, dass bei directer Reizung der Organschlag unveränderlich seine Richtung beibehält.

Dass sich der Sinn der Organentladung nicht ändert, wenn der Reizstrom die Richtung wechselt, ist zwar aus den Versuchen von Gotch zu entnehmen, dem Autor selbst ist der mir keineswegs selbstverständliche Umstand nicht aufgefallen. Wechsel in der Lage der erregten Stelle mit der Stromesrichtung ist

als polares Erregungsgesetz doch nicht bloss an Muskeln und Nerven, sondern auch an mikroskopischen Organismen zur Zeit als regelmässig erwiesen. Bei Letzteren ist der Durchmesser des Individuums physiologisch, und mit Rücksicht auf die mikroskopische Nachbarschaft der Ein- und Austrittsstellen des Stromes betrachtet, von derselben Ordnung wie die Querschnitte der elektrischen Platten selbst. Für letztere als erregbare Gebilde muss es aber ebensogut Anoden und Kathoden geben, auch wenn, wie dies in der benutzten Versuchsanordnung wohl vorwiegend der Fall sein wird, die Stromfäden nahezu parallel ein- und austreten. In dem einen Fall liegt der Angriffspunkt des Stromes auf der Bauchseite, im andern auf der Rückenseite. Es ist nicht einzusehen, weshalb dann die Schlagrichtung nicht ebenfalls wechseln soll; wenn nicht der Angriffspunkt des Stromes, die Stelle, wo er erregend wirkt, ebenfalls ausserhalb der Platte liegt. Letzterer könnten aber nur die ausserhalb der Platte liegenden Nervenstämme sein, und auf diese wäre bei Erklärung des Phänomens zunächst Rücksicht zu nehmen.

Nun ist in meiner vorigen Arbeit über den elektrischen Schlag von Torpedo auch der Erscheinung Erwähnung gethan worden, dass, auch bei Benutzung des constanten Stromes, ein nahes Zusammenschieben der dem Nerven angelegten Elektroden zur Entstehung ausgeprägter Zacken in der Schlagcurve Veranlassung giebt. Curve 51 auf Taf. VI l. c. giebt dafür ein typisches Beispiel. Es liegt nahe, die bei der directen Organreizung beobachteten Zacken der Schlagcurve auf den Umstand zurückzuführen, dass die Anoden und Kathoden der intraorganalen Nerven in noch viel engerer Nachbarschaft bei der directen Reizung des Organes liegen, als dies am extraorganalen Nervenstamm, auch bei dem engsten Zusammenschieben der Elektroden, erreicht werden kann. Nimmt man also an, dass bei der directen Organreizung unter unseren Versuchsbedingungen nicht die Platte, sondern noch der intraorganale Nerv gereizt wird, so hat man einerseits die Erklärung für die Curvenzacken, und zugleich behebt sich die Schwierigkeit der nur einsinnigen Organentladung. Welche näheren Gründe für die Unerregbarkeit der Platten

handen sind, lässt sich zunächst freilich nicht sagen. Man könnte zunächst annehmen, dass sie bei der gegebenen Stromstärke längerer Reizungsdauer bedürften als der Nerv. In diesem Sinne nun könnte der thatsächlich grössere Widerstand des lebenden Organes als eine der kathodischen Dauercontraction des Muskels analoge Erregungserscheinung gedeutet werden, zumal, wie wir später sehen werden, dieser Widerstand vom Vorhandensein des Schlagvermögens im Organ direct abhängig ist. Letzterer wäre somit der Ausdruck des polaren Erregungsgesetzes an der Platte.

Für die Annahme, dass es sich im Wesentlichen um eine Erregung intraorganaler Nervenfasern handelt, spricht auch noch der Umstand, dass ein merkliches Latenzstadium vorhanden ist.

Die Latenzen sind[1]), wie die Protocolle zeigen, kürzestenfalls 0,003 Secunden, und theilweise 0,006 Secunden lang. Bei der Grösse der Ausschläge kann die Latenz nicht durch die Kleinheit der Anfangsstadien erklärt werden. Da weder Muskel noch Nerv bei directer Reizung Latenzen der Actionsströme erkennen lassen, so ist auch hier die Annahme einer indirecten Erregung der Platten wahrscheinlich. Die Latenzzeit selbst ist von Gotch bereits beobachtet worden. Ueber die Latenz spricht sich Gotch aus, wie folgt (a. a. O. S. 340): Das Intervall (die Latenzzeit) muss betrachtet werden als die Summe von der Zeit, welche zur Entstehung des Erregungsprocesses im Nerven selbst nöthig ist, und derjenigen, welche für die Entwickelung derjenigen chemischen Processe im Organprotoplasma nöthig sind, welche dem sichtbaren elektromotorischen Erfolg zu Grunde liegen.

1) Biedermann (Elektrophysiologie S. 812) schreibt mir für die Latenzzeit der indirecten Reizung eine Angabe von 0,0002 bis 0,00025 Secunden zu. Ich habe jedoch überhaupt hierüber keine Angabe gemacht. Die genannten Zahlen finden sich in meiner, Eingangs dieser Mittheilung citirten Arbeit auf S. 475 Zeile 9. Dort bedeuten sie, wie sich beim Nachlesen der betreffenden Stelle finden wird, lediglich diejenige Strecke, innerhalb deren man am Rheotom über den Schlaganfang unsicher ist, nicht jedoch die vom Nullpunkt des Rheotoms bis zum Schlaganfang reichende Rheotomstrecke. Der Irrthum ist übrigens beim Lesen der betreffenden Stelle ganz wohl möglich. S.

Von diesen beiden Processen darf nun dem ersten kein sichtbarer Antheil an der Latenz zugeschrieben werden, weil erstens die erregten Faserstrecken, von der Reizangriffsstelle bis zur Platte gerechnet, nur mikroskopisch kurz sein können, und weil zweitens die Erregung an dem Reizort keine Latenz besitzt — solange wenigstens, als es sich um die Kathode handelt. Der zweite Process, nämlich derjenige chemische Process im Organprotoplasma, welcher dem sichtbaren elektromotorischen Erfolg zu Grunde liegt, kann gleichfalls nicht in die Latenzzeit fallen, sonst müssten in ihm zwei Phasen unterschieden werden, nämlich die chemische Spaltung als erster und die Elektricitätsentwickelung als zweiter Theil. Es bleibt daher in Wirklichkeit nur noch die Möglichkeit übrig, die Latenzzeit auf Rechnung dessen zu setzen, was zwischen Nervenerregung und Schlag an Spaltungen oder anderen Vorgängen abläuft, die nicht an der Elektricitätsentwickelung kenntlich sind. Es wäre hierbei wohl zunächst an den Umstand zu denken, dass die letzten Faserenden in der Platte marklos sind, und in ihnen desshalb auch die Fortpflanzung der Erregung eine Verzögerung erleiden könnte.

V. Die Wirkung der Curare auf das elektrische Organ.

Bisher ist über den Einfluss des Curare auf das elektrische Organ von Torpedo im Wesentlichen nur so viel bekannt geworden, dass es gelingt, unter Aufwand reichlicher Dosen die indirecte Erregbarkeit des Organes verschwinden zu lassen. Ueber das Verhalten der directen Erregbarkeit ist bislang noch nichts bekannt gewesen. Auch fehlte für die Kritik der zur Prüfung der indirecten Erregbarkeit angewendeten Methoden die unumgänglich nothwendige Kenntniss der Anspruchsfähigkeit des Organes, die Zahl der Schläge, welche es im überlebenden Zustand noch besitzt, der Grad seiner Dauerhaftigkeit in animale vivo waren ebenfalls unbekannt. In solchem Fall ist es leicht möglich, dass Lähmung des Organes vorgetäuscht wurde, während in Wirklichkeit das Organ durch eine zu lange Reizung mit dem Inductionsapparat einfach erschöpft wurde. Von dem Interesse der Frage an sich abgesehen, war es mir vor Allem wünschens-

werth, Mittel aufzufinden, welche gestatteten, bei directer Reizung unabhängig von der Richtung des Reizstromes identische Schlagcurven zu erhalten, da nur unter dieser Bedingung die Ergebnisse längerer Durchströmungen zwecks Widerstandsprüfung und Polarisationsstudien einer zahlenmässigen Bearbeitung zugänglich gewesen sein würden. Hierzu sollte die Curarisirung des Organes dienen, in der Erwartung, dass durch dieselbe der Einfluss der Nervenreizung im durchströmten Organ sich würde ausschliessen lassen. Ich hegte zunächst auch keinen Zweifel, dass es gelingen würde, das Organ noch direct zu reizen, falls überhaupt die Curaredose gross genug war, um die indirecte Erregbarkeit zu vernichten. Dem ist jedoch nicht so. Vielmehr ist das curarisirte Organ überhaupt unerregbar geworden, sobald die Curaredosen zur Vernichtung der indirecten Erregbarkeit genügend stark genommen worden sind. Im einzelnen gestaltet sich das Bild einer Curarevergiftung an Torpedo wie folgt. Vorbemerkt sei, dass ich die gewöhnliche subcutane Injection überhaupt nicht angewendet, sondern die Einspritzung in eine Kiemenarterie vorgezogen habe. Ich habe mich hierbei von der Auffassung leiten lassen, dass bei dem langsamen Kreislauf der Fische es überhaupt fraglich ist, ob die relative Immunität gegen manche Gifte und gegen Curare insbesondere nicht mit der langsamen Einverleibung in den Kreislauf zusammenhängt. In diesem Fall müsste man bei intraarterieller Injection jedenfalls bedeutend präcisere Resultate erhalten.

Wenn man nun, nach vorheriger Präparation der Arterie, Einleitung der künstlichen Kiemenbewässerung, Armirung des Fisches mit dem Telephon etc. von einer starken, etwa 4 proc. Curarelösung etwa 5 ccm in die Kiemenarterie eines mittleren Fisches injicirt, so beobachtet man kurze Zeit nach der Injection, als erstes Zeichen ihrer Wirkung, ein bis zwei heftige Entladungen, von wohl der grössten Intensität und Frequenz, welche der Fisch aufwenden kann. Gleich darauf beginnt der Fisch unruhig zu werden, während der Rücken sich nach oben krümmt, treten in allen Muskeln lebhaft wühlende Contractionen ein, welche einige Zeit, jedoch höchstens einige Minuten anhalten,

und unter allmähliger Abschwächung sich verlieren. Während dem folgt nach den ersten heftigen Entladungen noch eine Serie sehr rasch schwächer werdender Schläge. Zur Zeit, wo die Muskelcontractionen sich beruhigt haben, schweigt spätestens auch das Organ, zumeist hört es schon früher auf zu schlagen. Im Allgemeinen kann man nun den Fisch auf's Aeusserste misshandeln, ohne dass er sich bewegt; auch die Athmung ist zumeist nach der ersten Injection suspendirt, man ist jedoch durchaus nicht sicher, dass der scheinbar reactionslose Fisch sich nicht wieder plötzlich kräftig auf Augenblicke bewegt. Legt man nun das Ohr ans Telephon, so folgt auf jede Reizung ein leiser Telephonschall, den ich jetzt, nach den graphischen Erfahrungen als eine einmalige schwache Entladung einzuschätzen geneigt bin. Zuwarten ändert auf Minuten hinaus, ich habe bis zu 15 Minuten gewartet, an dem Bild nichts mehr, die Entladungen werden dabei weder kräftiger noch schwächer. Erst eine weitere Injection der gleichen Menge, gelegentlich sogar noch eine dritte Dosis lassen, wenn sie 5—10 Minuten lang dem Körper einverleibt gewesen sind, die letzten Schlagspuren verschwinden. Macht man, nachdem die groben Folgeerscheinungen der ersten Injection abgelaufen sind, ein Nervmuskelpräparat, so kann man mit Sicherheit darauf rechnen, die indirecte Muskelerregbarkeit noch erhalten zu finden. Sie ist auch meist nach der zweiten Dose noch vorhanden, erst die dritte beseitigt sie definitiv. Eine Torpedo occellata von 30 cm Breite wiegt zwischen 1200 und 1500 g. Für diese Grösse würde also die respectable Dosis von 4 bis 6 dcg Curare nöthig sein, um vollständige Lähmung der elektrischen Organe zu erzielen, und auch die Muskeln zeigen eine beträchtliche Resistenz gegen das Gift. Eine besondere Unwirksamkeit der benutzten Curaresorte gegen Frösche ist mir nicht aufgefallen.

Sind nun die reflectorischen Entladungen verschwunden, so ist die elektrische Reizung des elektrischen Nerven auch ohne Erfolg. Entnimmt man dem Organe weiterhin ein Säulenbündel, der Vorsicht halber nicht aus dem Gebiete des elektrischen Nerven, welcher zur Prüfung der indirecten Erregbarkeit gedient

hat, und unterwirft es der rheotomischen Prüfung, so bleibt jede Wirkung innerhalb der Rheotomstrecke aus, in welcher unter normalen Umständen der Schlag sich abspielt. Ich habe die Prüfung nicht um den ganzen Rheotomumfang durchgeführt, sondern mich damit begnügt, die Schieberstellungen vom Nullpunkt bis zur normalen Schlagstrecke einerseits, und auf etwa 20° jenseits derselben, bei den gewählten Constanten etwa das 4- bis 6fache des normalen Schlaggebietes, abzusuchen, ohne bei etwa einem Dutzend verschiedener Thiere, eine als Entladung ausdeutbare Ablenkung aufzufinden. Die sonstigen Versuchsumstände, also insbesondere die Dimensionen der Säulenbündel und die Zahl der Elemente des Reizkreises waren dieselben wie beim uncurarisirten Thier.

Für die Ausdeutung des Resultates ist zunächst daran zu denken, dass das Organ durch die spontanen Tetani bei Lebzeiten des Thieres so erschöpft worden sein kann, dass es deswegen reactionslos blieb. Nach meinen augenblicklichen Erfahrungen ist dagegen einzuwenden, dass in den Fällen, in welchen die Curarisirung nur unvollkommen war, und die Muskeln noch indirect erregbar blieben, das Thier grob hörbare Schläge längst nicht mehr entladet; das Organ gibt aber bei directer Reizung im Rheotom immer noch, wenngleich nicht Schläge ersten Ranges, so doch immer noch deutliche Ablenkungen von z. B. 36 Scalentheilen in der stärksten Phase. (Versuch V.) Weiter erholt sich eine stark maltraitirte Torpedo, welche das Schreibtelephon nicht mehr erregen kann, in einer Viertelstunde stets wieder soweit, dass sie dasselbe wieder in Bewegung setzt. Der Kreislauf war nach Einverleibung der grossen Dosen noch erhalten, die Muskeln contrahirten sich bei directer Reizung kräftig, es wäre also zu erwarten gewesen, dass das Organ nach 15 Minuten Zuwartens wieder so viel an Schlagfähigkeit gewonnen hatte, dass eine Ablenkung am Rheotom hätte zu Stande kommen müssen. Man hat somit bis auf Weiteres wohl das Recht, das Ausfallen des Erfolges bei der directen Reizung auf die locale Wirkung des Curare und nicht auf eine mögliche Erschöpfung des Organes zu beziehen[1]).

1) Man könnte daran denken, sich vor der Organerschöpfung durch

Ich habe in dem in gewissem Sinne recht unerwarteten Befund zunächst ein experimentum crucis über die Natur der elektromotorischen Substanz im Torpedoorgan sehen zu müssen geglaubt. Bei deren Zurückführung auf bekannte Kraftquellen physiologischer Natur könnte es sich nur um Nerven- oder Muskelströme handeln, und da die elektromotorische Kraft der einzelnen Platte mit der des Demarcationsstromes gut übereinstimmt, so würde man zunächst ein Recht haben, das elektromotorische Substrat der Platte mit dem des Muskels zu identificiren. Theoretisch wäre dann nach Analogie des Muskels vorauszusetzen, dass Curare wohl die indirecte, nicht aber die directe Erregbarkeit aufhebt, wie beim Muskel. Die rheotomische Untersuchung hätte dann noch den Schlag bei directer Reizung zeigen müssen. Wenn dies nun nicht der Fall ist, so hätte man zunächst zu folgern, dass das Organ ausschliesslich eine Nervenendigung darstellt, die elektromotorische Kraft der Platte wäre dann die der Nervenendigung und die Unterschiede zwischen der Schlagdauer und der Dauer der nervösen Actionsströme kämen auf Rechnung einer sich bereits in der Platte vollziehenden Aenderung des Erregungsvorganges selbst. Diese Auffassung erschien mir zunächst so natürlich, dass ich nicht zögerte, sie Herrn Biedermann zur Aufnahme in seine Elektrophysiologie mitzutheilen. Bei längerem Zusehen gestaltet sich indessen die Erscheinung nicht so eindeutig, als ich zuerst angenommen habe. Die gemachte Folgerung hat zur Voraussetzung, dass die elektromotorische Substanz des Organes wirklich auch den Angriffspunkt des Reizes bildet.

Die Latenz des Schlages bildet keinen Einwand gegen diese Voraussetzung. Sie würde dagegen sprechen, dass eine jenseits der etwaigen Endplatten liegende Substanz vom Reize direct angegriffen wird und würde nur verlangen, dass die elektromotori-

Nervendurchschneidung zu sichern. Ich halte das Experiment jedoch für illusorisch. Die Operation würde einmal schwer so auszuführen sein, dass man der Curarisirung wegen der Gefässverletzungen nicht mehr sicher sein könnte, zum andern Theil ist nach Gotch die Stärke des Schlages genügend, um ein eingeschaltetes Säulenbündel zu erregen. Die Erschöpfung könnte also schon deswegen nicht ausgeschlossen werden.

sche Substanz selbst, falls sie jenseits der Nervenendigung liegt, für die bisher verwendeten kurzen Stromstösse unerregbar ist, ohne dagegen auszuschliessen, dass die Nervenendigung selbst in den angestellten Versuchen erregt wurde. Ob letzteres aber der Fall ist, scheint wegen der auf Seite 435 angeführten Eigenart des Schlagverlaufs sehr zweifelhaft. Der ungleichmässige Verlauf der Entladung weist, wie schon gesagt, darauf hin, dass die Angriffsstellen des Stromes noch echte Nervenfasern sind, wobei es sich schliesslich gleich bleiben würde, ob dieselben die makroskopischen feinsten zwischen den Säulen belegenen Nervenfasern sind, oder die bereits verzweigten noch markhaltigen Axencylinder, welche sich auf der Unterfläche der Platte finden, und zuletzt sich in die als marklos geltenden Aeste auflösen, die in ihrer weiteren Verästelung den Verästelungstypus bestimmter Nervenendplatten innehalten und deshalb auch im Organ als solche bezeichnet werden. Es wird deshalb nöthig sein, mit den Schlussfolgerungen über die Natur des Organes vorsichtig zu sein, insoweit sich dieselben auf die Curarewirkung beziehen, und man wird vorläufig auch daran denken müssen, dass die elektromotorische Substanz des Organes erst jenseits der Angriffsstelle des Curare liegt. Dann aber folgt, dass sie für die bisher im Rheotomversuch benutzten Stromstärken nicht erregbar ist. Eine Entscheidung hierüber kann vielleicht in dem Leitungsvermögen der curarisirten Organe gefunden werden, das, wie ich bald auseinandersetzen werde, in engerer Beziehung zu seiner Schlagfähigkeit steht, als bis jetzt bekannt ist.

VI. Die Beziehungen des Organwiderstandes zur Stromesrichtung und Schlagfähigkeit.

Nimmt man hintereinander in denselben Kreis einen Organstreifen, die secundäre Spirale eines Inductionsapparates und eine Boussole auf, so entsteht eine stärkere Ablenkung, wenn der Inductionsschlag durch den Organstreifen in der Richtung von Bauch zu Rücken hindurchgeht, als umgekehrt. Dies ist im wesentlichen der Fund, aus welchem Du Bois-Reymond den Satz ableitet, dass das Organ den elektrischen Strom in der

Richtung seines eigenen Schlages wesentlich besser leite als in umgekehrter. Die gleiche Erscheinung gilt für kurz dauernde constante Ströme und ist um so ausgeprägter, je kürzer die Stromesdauer ist. Von J. Gotch ist weiter gezeigt worden, dass die Erscheinung nicht auftritt bei so kurzen Zeiten, dass der durch die Reizung erzeugte Organschlag ausgeschlossen ist. Wenn nun durch diesen Befund von J. Gotch im Allgemeinen wenigstens die Auffassung begründet erscheint, dass die bei längerer Durchströmungsdauer auftretenden Unterschiede nicht sowohl auf besonderen Widerstandseigenthümlichkeiten des Organs, sondern auf dem temporären Auftreten einer elektromotorischen Kraft beruhen, deren Quelle dieselbe ist, welche bei der von dem Willen des Thieres abhängigen Thätigkeit des Organes und bei künstlicher Reizung der Organnerven wirksam wird, so sind doch die Ablaufsbedingungen dieses Vorganges, namentlich während der künstlichen Organdurchströmung zur Zeit noch so unbekannt, dass es gerathen erscheint, die Messungen des Organwiderstandes auch noch auf einem Wege durchzuführen, auf welchem die Ausdeutung der erhaltenen Ausschläge weniger der Willkür unterworfen ist, als auf dem bisher von Du Bois-Reymond eingeschlagenen. Dies wäre die directe Messung des Widerstandes nach dem Kirchhoff'schen Verfahren. Man muss sich wundern, dass Du Bois-Reymond bei der Aufstellung seines Satzes vom irreciproken Leitungsvermögen zu diesem Verfahren nicht gegriffen hat, zumal da doch die Einrichtungen hierfür in seinem Laboratorium noch weniger gefehlt haben dürften, als anderswo.

In der Kirchhoff'schen resp. Weatston'schen Brücke lassen sich die Einrichtungen leicht so gestalten, dass die Wirkung der Organerregung auf's Galvanometer gegenüber derjenigen der zur Messung benöthigten Ströme zurücktritt. Insbesondere lässt sich die Stärke der zur Messung bestimmten Batterie in solcher Weise steigern, dass eine auch nur kleine Verschiebung des Läufers viel grössere Ausschläge gibt, als die Entladung des im Kreise befindlichen Organes. Ich habe zu diesem Zweck die kleine Kohlrauschische Universalmessbrücke benutzt, wie sie

von Hartmann und Braun sub. No. 81 des Cataloges von 1894 verkauft wird, und an welcher der Draht der Theilung etwa 0,25 Ohm Widerstand hat. Die benutzten Säulenbündel hatten bei mittleren Fischgrössen Widerstände von etwa 2000 Ohm und darüber, um den Haupttheil des Stromes durch das Organ zu leiten, wurden zu den 1000 Ohm des Etalons auf dem Instrument befindlichen noch weitere 5000 Ohm eines Widerstandskastens von der gleichen Firma hinzugefügt. In die Hauptleitung waren sämmtliche verfügbare Elemente der Station eingeschaltet, in Summa 65 Daniel's und 14 Tauchelemente nach Bunsen. Rechnet man die Gesammtstärke dieser Kette zu 44 Grove, so kommen auf den durch das Organ gehenden Stromzweig den Widerstandsverhältnissen entsprechend etwa 33, auf den andern Stromzweig 11 Grove, wenn im Etalonzweig etwa 6000 Ohm eingeschaltet sind. Die Stromstärken sind also von der gleichen Ordnung wie die der stärkeren von Du Bois-Reymond benutzten Ströme, bei welchen nach seiner Angabe die Irreciprocität der Leitung am stärksten hervortritt. Die gewählte Anordnung hat ausser der Rücksichtnahme auf die Stromstärke, durch welche sie bedingt war, auch noch einen besonderen Vortheil, wie sich bei der Betrachtung des Verzweigungsschemas ausser anderen Dingen noch ergeben wird.

Im Schema Fig. 8 Taf. VIII bedeutet *K* die Messkette, *O* das Organ, *Et* den Widerstandsetalon und *G* das Galvanometer, *C* endlich den Kirchhoff'schen Läufer des getheilten Drahtes. Der in Folge einer Reizung durch den Strom der Messkette etwa auftretende Organstrom durchläuft folgende Bahnen: 1. *OBCKAO*. Diese Bahn hat, vom Organwiderstand abgesehen, den kleinsten Widerstand, nämlich die höchstens 10 Ohm Widerstand enthaltende Messkette. 2. Die Bahn *OBCEAO*, also die durch den Draht des Läufers und den Etalon führende Bahn von etwa 6000 Ohm. Auf dem den beiden Bahnen gemeinsamen Stück *BC* findet sich endlich noch in der Nebenschliessung *BGDC* das Galvanometer eingeschaltet. Der Widerstand des Messdrahtes *BD* ist etwa 0,25 Ohm, der der Strecke *BC* also noch kleiner, das Stück *BC* selbst wird um so kleiner, je grösser der

Widerstand im Etalon ist, weil der Läufer *C* dann immer mehr *B* genähert werden muss, um den Galvanometerzweig stromlos zu machen. Bei 2000 Ohm Widerstand im Organzweig, 6000 Ohm Widerstand im Etalonzweig der Leitung ist dann der Widerstand der Strecke *B D* nur noch 0,1 Ohm, und das Gefäll des Organschlages dann so gering, dass seine Ablenkungen gegenüber denen verschwinden, welche durch die Verschiebungen des Läufers nach rechts oder links um solche Beträge hervorgebracht werden, welche etwa 50—100 Ohm entsprechen, wenn im Messkreis etwa 40 Daniel eingeschaltet sind. Den ungefähren Werth der Ablenkung, welche eine einmalige Erregung eines eingeschalteten Organbündels im Galvanometer hervorbringt, kann man abschätzen, wenn man ein Nervorganpräparat von möglichst wenig Bündeln vom Nerven aus reizt, während es in den Kreis eingeschaltet ist. Wenn dann Verschiebungen des Läufers um den oben angegebenen Werth Ausschläge von 100 Scalentheilen und darüber geben, bleiben jene auf Werthe von 10 Scalentheilen und weniger beschränkt.

Bevor ich die Leitungsfähigkeit des Organes mit besonderer Rücksicht auf die Irreciprocität genauer verfolgte, schien es mir nöthig, über den Einfluss dauernder Durchströmungen auf das Organ auch nach der Richtung seiner Lebensfähigkeit mich zu unterrichten, denn wenn die Irreciprocität mit einer Erregung des Organs durch den hindurchgesendeten Strom in Zusammenhang steht, so war es vor allem nöthig, zu wissen, wieviel dieser Strom von dem Schlagvorrath des Organs während seiner Durchströmung verbraucht. Zu diesem Zweck wurden Stücke des Organs zunächst ins Rheotom eingeschaltet und der Reizschieber so eingestellt, dass voraussichtlich die stärkste Schlagphase zur Ablesung kam, die Ablesung gemacht, das Organstück der Durchströmung unterworfen, wieder in den Rheotomkreis zurückgebracht und nochmals abgelesen. Ebenso wurde verfahren, indem an Stelle des Rheotoms das Schreibtelephon benutzt und vom Nerven aus gereizt wurde.

Der Erfolg war der, dass bei grösseren Stromstärken — schon solche von 20—25 Daniel genügen hierzu — eine Durch-

strömung von einer halben Minute, gleichgiltig in welcher Richtung, auf einmal oder in Absätzen, mit derselben oder wechselnder Richtung genügt, um Organbündel von geringerem Querschnitt, etwa von 1,5 qcm an, so vollständig schlagunfähig zu machen, dass durch keinerlei Reize mehr von ihnen ein Schlag erhalten werden kann. Bei kleineren Stücken ist die Beobachtung mit dem Telephon schwierig, bei den grösseren, welche hierzu geeignet sind, ist wegen der geringeren Stromdichtigkeit eine grössere Elementenzahl nöthig. Das Schlagvermögen wird also durch den constanten Strom auf's Aeusserste geschädigt. Hand in Hand mit dem Verschwinden desselben geht nun die Abnahme des Widerstandes, und wenn dieser bei seinem kleinsten Werth angekommen ist, so dass er sich nicht mehr vermindert, ist auch das Schlagvermögen verschwunden. Ein ziffernmässiger Beweis für die Zwischenphasen des Vorganges lässt sich indessen nicht erbringen. Zeigen lässt sich nur, dass zu Anfang eines Versuches das Organstück kräftige Schläge liefert, welche am Galvanometer grosse Ablenkungen hervorbringen und das Telephon zu lautestem Schall anregen, und dass zu dieser Zeit der Widerstand gross ist. Man muss hierbei zuerst die Rheotomprüfung oder die Prüfung mit dem Telephon vornehmen, denn die kurzdauernden Durchströmungen, welche zur Bestimmung des Widerstandes in beiden Richtungen (homodrom und heterodrom) nöthig sind, genügen schon, den Organschlag deutlich zu schwächen. Wenn man dann die Widerstandsprüfung wiederholt, so sinkt die Schlagkraft des Organes bereits so stark ab, dass das Schreibtelephon nicht mehr ordentlich reagirt. Es gehen also der Consum von Schlagkraft und diejenige Eigenschaft des Organes, welche seinen erhöhten Widerstand bedingt, gleichzeitig verloren. Bei der Widerstandsbestimmung selbst sind deswegen von vornherein nur die erst erhaltenen Werthe für den normalen Zustand des Organes giltig, und es muss bei der Vergleichung von homodromem und heterodromem Widerstand von vornherein auf den Grad so zu sagen der Widerstandsermüdung Rücksicht genommen werden, ausserdem aber ist es geboten, bei den einzelnen Messarten sich

nur kürzerer Schliessungsdauern von jedenfalls solcher Grösse zu bedienen, dass sie gegen die Zeitdauer verschwinden, welche ein Messstrom von der gewählten Stärke bedarf, um das Organ schlagtodt zu machen und auf seinen geringsten Widerstand herunter zu bringen. Ich habe deshalb den Strom der Messkette periodisch durch das Metronom auf bestimmte Zeit, etwa 0,1 Sec. schliessen lassen.

Die ersten Versuche wurden mit etwas grösseren Organstücken von 2—3 qcm Oberfläche angestellt, später wurden die Bündel immer schmäler genommen; die letzten Bestimmungen wurden so ausgeführt, dass, gleichwie bei der Untersuchung des Schlagverlaufes, ein ganzes Bündel in ein Glasrohr von passenden Dimensionen, zumeist 10 mm Radius und 50 mm Länge eingesogen wurde. Die Bündel sind in diesem Falle noch lebendig und bleiben trotz der rohen mechanischen Behandlungsweise noch lange Zeit schlagfähig, wenn sie nicht in der oben angegebenen Weise längeren Durchströmungen ausgesetzt werden. Die Enden der Glasröhren werden dann mit einem in Seewasser dünn angekneteten Thon verstrichen und das ganze zwischen unpolarisirbare Elektroden nach Art der von Du Bois benutzten Kastenelektroden gebracht. Die Eintrittsfläche des Stromes vom Zink in das Zinksulfat beträgt etwa 40 qcm. Der Strom ist, wenn sämmtliche Elemente ein Organbündel von den angegebenen Dimensionen durchsetzen, was beim Versuche selbst ja wegen der Verzweigung nicht der Fall ist, stark genug, um im Lauf von einer halben bis einer ganzen Minute das Bündel bis zum Dampfen zu erhitzen, gelegentlich berstet das Bündel dann auch unter Knallen. Wenn man mit der Hand die Erwärmung deutlich spürt, ist das Organstück auch bereits weiss geworden.

Ist das Präparat in den Kreis zur Widerstandsmessung aufgenommen worden, und der Läufer bereits annähernd auf den zu erwartenden Widerstand eingestellt, so wird das Metronom in Gang gesetzt und zugleich der Messkreis möglichst kurze Zeit geschlossen. Auf eine Messung entfallen dabei höchstens 4 bis 5 Metronomschläge. Die zu erwartenden Widerstände selbst sind vor allem dann annähernd bekannt, wenn das Organstück zum

Versuch in das Glasrohr eingesaugt ist. Abweichungen der Einstellung bis zu etwa 10% des wirklichen Widerstandes sind bereits beim ersten Metronomschlag kenntlich, der die Messkette schliesst, bei kleineren müssen sich mehrere Schläge folgen, ehe die Scala sich in Bewegung setzt. Zugleich wird dann die genaue Einstellung des Nullpunktes schwierig, vor allem deswegen, weil die Ausschläge häufig nicht noch einer bestimmten Richtung gehen. Zunächst sieht man die Nadel sich ruckweise mit jedem Metronomschlage bewegen. Die Grössenordnung des Ausschlags, mit der des unter sonst gleichen Bedingungen erhaltenen, wenn statt des Säulenbündels sein Nerv gereizt wird, lassen als Ursache desselben leicht den bei jedem Stromschluss erfolgenden Organschlag erkennen. Der Charakter der Bewegung ist jedoch sehr verschieden, je nachdem die Einstellung des Schiebers so getroffen ist, dass der von ihr herrührende Ausschlag im Sinne der Organentladung verläuft oder nicht. Im ersten Fall wandert die Scala ohne Rückschwung, nur mit periodischer Beschleunigung, im andern Fall erfolgt in den Pausen zwischen je zwei Schlägen jedesmal ein Rückgang. Diese Verschiedenartigkeit der Bewegung erschwert das Dosiren der letzten Schiebereinstellungen ungemein, weil die Ausschläge auf beiden Seiten des Nullpunktes dadurch dem Auge ungleichwerthig erscheinen.

Immerhin gelingt es, nach einiger Uebung die Einstellung des Schiebers so zu finden, dass Irrthümer um die Einheit in der ersten Decimale nicht vorkommen. Darüber hinaus bleibt jedoch die Messung unsicher. Zu den Versuchen habe ich etwa 25 Thiere verwendet, aus jedem der benutzten Organe wurden mehrere Streifen, resp. Säulenbündel dem Versuch unterworfen. Die Resultate sind nun keineswegs gleichförmig. Es wurden vielmehr neben Fällen, in denen der homodrome Widerstand kleiner war, andere beobachtet, in denen der Widerstand nach beiden Stromrichtungen gleich war, und drittens, worauf besonderes Gewicht zu legen ist, auch solche, in welchen der homodrome Widerstand mit aller Deutlichkeit grösser war als der heterodrome. Du Bois Reymond gibt an, dass die Irreciprocität des

Organwiderstandes, selbstverständlich in seinem, also solchem Sinne, dass der homodrome Strom den geringeren Widerstand findet, zu ihrer Darstellung stärkerer Ströme bedürfe. Ich lege deshalb darauf Gewicht, dass das von mir beobachtete umgekehrte Verhalten bei Stromstärken auftritt, welche bei ihm zu den starken gehören, und ich führe desshalb in den nachfolgenden Beispielen für diesen Fall solche an, bei denen mit starken Strömen gearbeitet wurde. Bei dem Gebrauch der Wörter »Irreciprocität« verwahre ich mich ausdrücklich dagegen, dass ich ein wirklich verschiedenes Leitungsvermögen des Organs in den beiden Richtungen der Durchströmung dabei annehme. Vielmehr soll zunächst nur damit gesagt sein, dass an den benutzten Instrumenten unter den obwaltenden Versuchsbedingungen verschiedene Widerstände je nach der Durchströmungsrichtung abgelesen worden sind. Vorbemerkt sei noch, dass ich dort, wo der antidrome Widerstand geringer war als der homodrome, ich mich ausdrücklich noch über die Stromesrichtung im Organpräparat nach der Ampèr'schen Regel unterrichtet habe, indem, ohne dass an den Apparaten etwas verändert wurde, eine einfache Magnetnadel unter den einen der Zuleitungsdrähte untergeschoben wurde. Auch habe ich in einem Falle, um Fehlern der Messvorichtung nachzukommen, anstatt des Präparates einen Widerstand bekannter Grösse in die Messbrücke aufgenommen.

In den nachfolgenden Beispielen bedeuten die unter homodrom und antidrom angegebenen Zahlen den Widerstand des durchströmten Organstreifens in Ohm. Das Schema der Versuchsanordnung ist auf Taf. VIII Fig. 8 angegeben. Der Richtungswechsel des erregenden Stromes vollzieht sich durch Umlegen einer im Organkreis befindlichen Wippe.

Torpedo 63.

Im Messkreis 50 Daniels, im Etalon der Messbrücke 1000 Ohm. Auf den Organzweig des Messkreises kommen ca. 25 Daniels. Widerstand der Zuleitungsvorrichtung 35 Ohm.

Widerstand im Organkreise:	
homodrom	antidrom
	1150
950	
	1150
1125	
	1125

Das Säulenbündel wird 30 Secunden von der Messkette durchströmt.

925
750 750

Ein zweiter Streifen desselben Organs:

1425 1525
1350 1350

Zwei Stunden Pause.

975 990

50 Daniel während 60 Secunden durch das Präparat gesendet.

510 670
440 600
330 430
280 350
300 305
265

Torpedo 65.

Organstreifen von nur 4 × 10 mm Querschnitt, 8 mm Länge, kleines kräftiges Thier. Widerstand:

homodrom antidrom

960
850
825
750
760
680

64 Daniel 10 Secunden lang durch das Organstück gesendet.

280 340

Widerstand der Zuleitungsvorrichtung nicht bestimmt, ist jedenfalls von der Grössenordnung des Versuches 63.

Torpedo 67.

Im Messkreis 64 Daniel 9 Bunsen, im Etalon nur 1000 Ohm, der Aenderung des Widerstandes entsprechend enthält der Organzweig zu Anfang 10 Daniel, später 20.

Widerstand des Organstückes:

homodrom antidrom

7800!
3500
6500!
2800

2½ Stunden Pause.

1950 2500

Torpedo 68.

Anordnung wie bei Torpedo 67.

Organwiderstände:

homodrom antidrom

9000
6500
8000
6000
8000

2 Stunden Pause.

5400 6500

15 Secunden die Messkette durch das Organ geleitet.

2500

Torpedo 71.

Im Messkreis 64 Daniel u. 13 Bunsen, im Etalon 5000 Ohm. Bei 4000 Ohm Widerstand im Organzweige gehen durch diesen also ca. 50 Daniel, durch den Etalon 40 Daniel.

Widerstand der Zuleitungsvorrichtungen im Organzweige 110 Ohm.

Widerstand im Organzweige:

homodrom antidrom

3550! 3000
3100 } 3250
3400 }
3250! 2400
2400 2400
2400 2400

30 Secunden lang die Messkette durch das Säulenbündel geleitet.

800 950.

Eine Ausdeutung der in dieser Arbeit vorliegenden elektrophysiologischen Befunde wird sich kaum erreichen lassen, ohne

dabei die heute geltenden Auffassungen über die Quellen der elektrischen Kräfte in Nerv und Muskel näher zu berühren. Die Schwierigkeit der Erklärung liegt in Folgendem.

Zwar nicht entwickelungsgeschichtlich aber theoretisch wird man sich eine einzelne elektrische Platte etwa so vorstellen können, dass man die Nervenendigung, anstatt sie seitlich sich ansetzen zu lassen, dem einen Ende der Muskelfaser quer aufsetzt, und dann die Muskelfaser sich in irgend einer, vorläufig nebensächlichen Weise auf eine oder wenige vor der Nervenendplatte liegende Schichten sich reduciren lässt. Die elektromotorische Substanz der Platte betrachten wir vorläufig als die unveränderte elektromotorische Substanz des Muskels. Wollte man eine solche Platte quer zwischen die Elektroden legen, so würde zweifellos mit dem gewöhnlichen Galvanometer allein keinerlei Strom im Augenblick der Erregung abzuleiten sein, mit dem Capillarelektrometer dagegen und mit dem Rheotom bei genügender Kleinheit der Ableitungszeiten, eine doppelsinnige Schwankung. Ihre erste Phase würde der Ankunft der Erregung in der Platte, die zweite Phase dem Ende derselben entsprechen würde. Indirecte Reizung vorausgesetzt würde in der ersten Phase des Vorganges der Strom in diejenige Elektrode eintreten, welche der Nervenendigung gegenüber liegt. Im elektrischen Organ ist dies die Rückenseite des Thieres, er fehlt also die zweite Phase des muskulären Actionsstromes.

Das Fehlen der abterminalen Phase des letzteren lässt sich nun zunächst wohl nicht anders deuten als so, dass die beiden Phasen im Muskel keine von einander abhängigen Processe sind, und dass die adterminale Phase des Actionsstromes im gesammten Erregungsprocess des Nerv und Muskels eine andere Bedeutung hat als die abterminale. Man ist bis jetzt nicht gewohnt, vergleichend anatomische und entwickelungsgeschichtliche Befunde zu so speciellen Schlüssen über die Bedeutung des physikalischen Geschehens in einem physiologischen Vorgang heranzuziehen, wie dies hier eben geschehen ist. Ich sehe jedoch vorläufig keine Möglichkeit ein, um diesen Schluss herumzukommen, zumal da sich die Umwandlung quergestreifter

Muskulatur in elektrische Platten nicht bloss entwickelungsgeschichtlich, sondern postembryonal gegenwärtig noch im Schwanzorgan von Raja vollzieht. Letztere histologische Thatsache dürfte aber in unserem Gebiete doch mindestens die gleiche theoretische Würdigkeit beanspruchen, wie etwa die histologischen Funde über die Nervenendigungen der quergestreiften Muskulatur.

Die Einphasigkeit der Organentladung auf Grund rein morphologischer, während der Umbildung der Faser zur elektrischen Platte sich vollziehender Umlagerungen der elektromotorischen Flächen zu erklären, wird Niemand versuchen mögen. So lange man ferner von beiden Phasen der Actionsströme annimmt, dass sie physiologisch gleichwerthig sind, in demselben Substrat auf Grund derselben chemischen Umsetzungen ablaufen und durch dieselben letzten Ursachen erzeugt werden, wird man sich auch keinerlei chemisch-physikalische Aenderung in den Elektricitätsquellen der Platte vorstellen können, welche die zweite Phase umändern könnte, ohne die erste in gleicher Weise mitzutreffen. Dies bleibt sich gleich, ob man nun Nervenfaser oder Muskelsubstanz als Elektricitätsquelle des Organes betrachtet, und es wäre nur noch der Möglichkeit zu gedenken, ob noch eine dritte, anders geartete, zwischen Nerv und Muskel eingeschaltete Substanz als Elektricitätsbildner herangezogen werden könnte. Ich glaube, dass solches nicht mehr möglich ist, seitdem sich die nervösen Primitivfibrillen bis tief in die fibrilläre Substanz des Muskels hinein verfolgen lassen, da denn die einzigen für diesen Zweck noch verfügbar bleibenden Substanzen, nämlich die der Plattensohle, ihrer Bedeutung als eines möglichen Zwischengliedes des Erregungsvorganges dadurch beraubt werden.

Wenn nun der zweiphasische Actionsstrom, sei es des Nerven, sei es der quergestreiften Muskelsubstanz, in der elektrischen Platte sich zu einem einphasischen thatsächlich umwandelt, so wird dies nunmehr, meine ich, nur noch unter der Bedingung möglich sein, dass die beiden Phasen selbst ihrer Natur nach verschiedene Vorgänge darstellen und somit auch verschiedene physiologische Bedeutung zum wenigsten haben könnten. Solche aber können sie sofort gewinnen, wenn man bei der Bestimmung

der Richtung der Elektricitätsbewegung sich nur auf die Richtung selbst bezieht, in welcher die Erregung fortschreitet. In diesem Falle würden beide Phasen geradezu gegensätzliche Bedeutung und dadurch auch Beziehungen zu den Erscheinungen der sogenannten inneren Polarisation gewinnen, wie dieselben von Hering und Biedermann ausgedeutet werden, ebenso zu den positiven und negativen Schwankungen an tonisch contrahirten Muskeln bei denselben Autoren und endlich zu den von Gaskell am Schildkrötenvorhof bei Vagusreizung beobachteten positiven Schwankungen. Während die erste Phase einen nach Richtungen geordneten Dissimilationsprocess bezeichnet, bedeutet die zweite einen nach Richtungen geordneten Assimilationsprocess; er könnte aber auch vor allem der Ausdruck derjenigen chemischen Vorgänge sein, welche die Contraction rückgängig machen, also die Erschlaffungsprocesse einleiten. Da im elektrischen Organ keine Contraction mehr auftritt, und solche also auch nicht mehr gelöst zu werden braucht, würde das Wegfallen der zweiten Phase mit der Functionsänderung in unmittelbarem Zusammenhang stehen können.

Wie bei jedem andern erregbaren Gebilde, so ist es auch beim elektrischen Organ wichtig, zu wissen, wie weit es sich dem polaren Erregungsgesetz fügt. Soweit die bisherigen Untersucher des elektrischen Organes sich mit den Folgen directer Reizung durch Durchströmung befasst haben, haben sie jedoch merkwürdigerweise diese Frage ausser Acht gelassen. Meiner Meinung nach stehen nun das polare Erregungsgesetz und die eigenthümlichen Verhältnisse des elektrischen Widerstandes im Organ in engen Beziehungen zu einander.

Dass bei Reizung mit kurzdauernden Strömen der Organschlag seine Richtung beibehält, erklärt sich, wie schon oben ausgeführt, im Wesentlichen dadurch, dass nur die intraorganalen Nervenfasern von ihnen erregt werden. Anders steht es bei längeren Durchströmungen. Hier greifen offenbar zwei Vorgänge ineinander. Der eine ist der der Erregung vom Nerven aus, der zweite der einer directen Erregung der Platte. Nimmt man an, dass bei ihr die Erregung, wie sonst überall, an der Austritts-

stelle des Stromes sich entwickelt, so ist hierdurch auch der Sinn der Dauer-Organentladung bei constanten Strömen, analog der Dauercontraction des Muskels am negativen Pol gegeben. Der Actionsstrom muss in beiden Fällen die entgegengesetzte Richtung von der des erregenden Stromes haben. Im Organ selbst können die so erregten Organströme immer nur, bei jeder Versuchsweise und Anordnung, im Sinn einer Widerstandserhöhung sich äussern, welche verschieden ausfällt, je nachdem der beim Einbrechen des Stromes von den intraorganalen Nervenenden aus erregte normale Schlag einen grösseren oder kleineren Bruchtheil der Gesammtdurchströmungszeit einnimmt. Aus letzterem Umstand erklärt sich zunächst die Erscheinung, dass die irreciproke Leitung im Sinn Du-Bois Reymond's am reinsten bei kurzdauernden Erregungen auftritt. Sie musste am auffallendsten werden, wenn die Dauer des erregenden Stromes kleiner wird als die Schlagdauer. Wenn aber bei andauernder Durchströmung, und deswegen eben so andauernder Reizung der Platten sich das Schlagvermögen derselben erschöpft, muss der Grad der Schwächung des erregenden Stromes, welche durch die Plattenthätigkeit vermittelst der von ihnen hervorgebrachten, dem erregenden Strom entgegengesetzt gerichteten Ströme erzeugt wird, selbst immer geringer und geringer werden, bis zuletzt mit dem Erlöschen des Schlagvermögens nur noch diejenige Schwächung des Stromes übrigbleibt, welche durch den Widerstand des unerregten Gewebes erzeugt wird. Die besonderen Widerstandsphänomene des elektrischen Organs erklären sich also aus denselben Gesichtspunkten, aus denen sich die innere Polarisation der Nerven und Muskeln erklärt. Sie sind Erregungserscheinungen im gewöhnlichen Sinne. Aus ihnen heraus würde sich auch eine Erklärungsmöglichkeit des Umstandes finden lassen, dass der Widerstand des homodrom durchströmten Organes manchmal der grössere ist.

Du Bois Reymond hat in einigen Fällen als hypothetische elektromotorische Kraft, welche den irreciproken Widerstand bedingt, eine solche von 30 Grove herausgerechnet. Nehmen wir an, dass die Platten in den von ihm angezogenen Fällen von

dem hindurchgesendeten Strom noch nicht direct erregt worden waren, sondern nur die intraorganalen Nerven, und dass das Organ maximal geschlagen habe, dann addiren sich zu dem hindurchgesendeten Strom bei ihm in homodromer Richtung, nach meinen Bestimmungen der Schlagkraft rund 30 Daniel, in heterodromer Richtung subtrahirt sich dieselbe Kraft; Differenz 60 Daniel, was wohl genügend mit 30 Grove zusammenstimmt, um die hier versuchte Erklärung gelten zu lassen.

Es liegt auf der Hand, dass von dem in dieser, wie in der vorigen Arbeit über den gleichen Gegenstand mitgetheilten Manches im Laufe der Zeit eine Berichtigung, Anderes eine Erweiterung wird erfahren müssen. Monographische Bearbeitung physiologischer Einzelheiten, wie sie jetzt so vielfach beliebt ist, ist auf dem vorliegenden Gebiet noch nicht möglich. Dies kann erst geschehen, wenn die Eigenschaften des Organs besser gekannt sind als bisher. Dazu aber ist die Mithülfe Vieler nöthig, vor allem auch deswegen, weil die Kritik der Funde durch die arbeitende Antheilnahme Anderer wesentlich leichter und eindringender ist als die, welche sich der vereinzelt bleibende Arbeiter selbst auflegen kann. Ich erlaube mir deshalb die Fachgenossen darauf hinzuweisen, dass das physiologische Laboratorium der zoologischen Station gegenwärtig ziemlich vollständig ausgerüstet ist, soweit Fragen aus dem Gebiet der Erregungsvorgänge — nicht bloss der Elektrophysiologie — zur Bearbeitung kommen können. Erwünscht ist vor allem der Besuch der älteren Fachgenossen, denen die Erfahrungen des eigenen Forscherlebens zur Verfügung stehen, und welchen deswegen neue oder abweichende Erscheinungen weniger leicht entgehen werden als den Anfängern. An ausdauernder Assistenz sowohl als schneller Beihülfe in der Erstellung der durch die Besonderheiten der Untersuchungsobjecte veränderten Versuchsbehelfe wird es nicht fehlen.

Protokolle zu den Rheotomversuchen.

Zu den in diesen Versuchsprotokollen mitgetheilten Versuchen gehört die Curventafel No. IX. Ein Scalentheil-Ausschlag beträgt in

den Curven ½ mm Ordinatenhöhe. Die Schlagcurven bei homodromer Richtung des Reizstromes, also bei Richtung vom Bauch zum Rücken im Organ selbst, sind ausgezogen, die bei antidromer Reizstromrichtung erhaltenen gestrichelt. Die Umlaufsdauer des Rheotoms ist 0,2 Sec., ein Rheotomgrad entspricht 0,002 Sec. Die Ableitungsdauer ist 0,001 Sec., der Nullpunkt der Theilung in Versuch I bis III von 23¾ bis 24¼, in den übrigen von 21½ bis 22,0. h = homodrome, a = antidrome Richtung des Reizstromes. Von Versuch I bis IX Ableitung von dem frei zwischen den Elektroden ausgespannten Säulenbündel, die übrigen Versuche sind am in das Glasrohr eingesprengten Säulenbündel ausgeführt. Versuchsschema siehe Taf. VIII Fig. 7.

Torpedo I.

Im Reizkreis 23 Daniel u. 4 Bunsen. Die mit — bezeichneten Ausschläge stammen aus dem Reizkreise und wechseln das Vorzeichen bei Umlegung der Wippe nicht; sie wechseln dasselbe, wenn die Pole an den Endgliedern der Kette vertauscht werden.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
	26	½	0	—
	27	0	38	—
		½	57	—
	28	0	36	—
		½	10	—
	29	0	2	—
		½	— 1	—
	30	0	— 2	—
		½	— 2	—

Ein anderer Säulenbündel genommen.

	26	¼	2	—
		½	12	—
	27	0	36	—
		½	25	—
	28	0	5	—
		½	6	—
	29	0	1	—

Ein dritter Säulenbündel.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
I. 1)	26	½	0	1
		¾	5	0
	27	0	16	9
		½	42	37
	28	0	40	31
		½	23	19
	29	0	9	7
		½	4	2
	30	0	0	0
2)	27	0	10	9
		½	41	36
	28	0	42	41
		½	31	31
	29	0	20	29
		½	11	11
	30	0	6	5
		½	0	0

Torpedo II.

Im Reizkreis 23 Daniel u. 9 Bunsen, bezüglich des Minuszeichens gilt das Gleiche wie bei Torpedo I. Die Stromschleifen kommen von der Feuchtigkeit des Sciroccowindes und waren nicht zu beseitigen.

Ein etwa kleinfingerdickes Säulenbündel.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
II. 1)	26	½	— 1	— 1
	27	0	11	29
		½	29	74
	28	0	18	73
		½	25	48
	29	0	23	18
		½	15	4
	30	0	4	+1 bis −3
		½	0	— 4
	31	0	— 3	— 6
Das Bündel auf seine halbe Dicke verkleinert.				
2)	18	0	— 6	— 5
	26	½	— 5	— 2
	27	0	9	53
		½	13	64
	28	0	13	52
		½	8	24
	29	0	1	7
		½	3	1
	30	0	— 1	— 3
	31—32	—	0	0
	34—36	—	— 6	— 6
Anderes Säulenbündel, nur 5 Säulen.				
3)	26	½	0	0
	27	0	2	?
		½	29	30
	28	0	28	22
		½	27	17
	29	0	9	7
		½	4	2
	30	0	1	0

Torpedo III.

15 ccm 4%ige Curarelösung in drei Absätzen in die erste Kiemenarterie injicirt. Nach 20 Minuten der Nerv präparirt, das Organ mit Telephon armirt, bei übereinander geschobenen Rollen tetanisirt, keine Organentladungen zu hören. Das Präparat in den Rheotomkreis aufgenommen.

Rheotstand 18 — 55 h. — 12 a. — 12.

Bezüglich der Ablenkung —12 vergleiche Torpedo II.

Torpedo IV.

Im Reizkreis 23 Daniel u. 9 Bunsen.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
IV. 1)	25	0	2	2
		½	15	7
	26	0	45	20
		½	52	18
	27	0	48	13
		½	44	10
	28	0	39	7
		½	23	2
	29	0	8	1
		½	3	1
2)	25	0	0	—
		½	12	—
	26	0	16	—
		½	33	—
	27	0	43	—
		½	38	—
	28	0	21	—
		½	10	—
	29	0	6	—
		½	1	—
	30 bis 35	—	0	—

Torpedo V.

Ungenügend curarisirt. 23 Daniel 9 Bunsen.

V. 1)	24	0	— 1	1
		½	0	0
	25	0	10	25
		½	26	29

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
	26	0	10	15
		½	9	6
	27	—	1	1
	28	—	— 1	— 1
	30	—	— 1	— 1

Das benutzte Bündel wird auf die halbe Dicke reducirt.

2)	24	0	0	0
		½	6	14
	25	0	12	16
		½	7	10
	26	0	0	3

Torpedo VI.

24 Daniel 4 Bunsen.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
VI. 1)	23	½	0	0
	24	0	33	69
		½	94	158
	25	0	123	159
		½	99	110
	26	0	44	67
		½	32	15
	27	0	7	0
		½	0	0
2)	24	0	16	20
		½	87	99
	25	0	96	115
		½	34	25
	26	0	8	0
		½	1	— 2

Von der Seite einen Tropfen Ammoniak auf das Säulenbündel aufgetröpfelt. Die Scala verschwindet, im Sinne des Schlages wandernd, aus dem Gesichtsfeld.

Torpedo VII.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
VII. 1)	23	0	16	13
		½	61	61
	24	0	80	61
	25	0	72	64
		½	45	41
	26	—	15	14
	27	—	70	19
	28	—	45	25
	29	—	14	15
	30	—	13	11
	31	—	15	11
2)	22	½	10	10
	23	0	13	11
		½	39	23
	24	0	59	49
	25	—	54	55
	26	—	10	12
	27	—	43	13
	28	—	22	13
	29	—	12	14
	31	—	12	11

Drei Stunden Pause.

	22	½	—	9
	23	0	13	15
		½	42	45
	24	—	63	42
	25	—	22	24
	26	—	12	11
	27	—	22	11
	28	—	18	15
	29	—	10	12
	30	—	9	10

Ammoniak auftröpfeln treibt die Scala aus dem Gesichtsfeld.

Torpedo VIII.

24 Daniel 4 Bunsen.

	22	½	0	7
	23	0	8	4
		½	9	8
	24	0	18	14

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	a
		½	15	13
	25	—	11	11
	26	0	0	7
Ein neues Säulenbündel.				
	23	—	5	6
	24	—	14	13
	25	—	10	7
	26	—	7	7
	27	—	7	8

Torpedo IX.

24 Daniel 4 Bunsen.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	a
	23	0	3	0
		½	20	6
	24	—	31	10
Scalenbewegung in starken Sprüngen.				
	25	—	5	3
	26	—	1	0
	27	—	5	1
	28	—	6	2

Wegen der ruckweise erfolgenden Ausschläge Revision aller Rheotomtheile; da alles in Ordnung, wird submaximale Reizstärke vermuthet; es werden weitere 24 Daniel angesetzt; im Reizkreise jetzt 48 Daniel. Die Unterbrechung dauert ca. 1 Stunde. Fortsetzung des Versuches mit demselben Präparat.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	a
IX. 1)	23	0	14	10
		½	76	30
	24	—	63	41
	25	—	10	14
	26	—	2	1
	27	—	11	2
	28	—	7	6
	30	—	0	0
	22	½	0	0
	23	—	0	0
	23	½	45	16
	22	½	0	0
Ein neues Stück desselben Organes.				
2)	22	½	0	0
	23	0	13	15
		½	33	37
	24	—	43	39
	25	—	25	23
	26	—	2	33
	27	—	7	3
	30	—	0	2

Torpedo X.

Im Reizkreis 48 Daniel.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	a
X. 1)	22	½	0	0
		¼	6	2
	23	0	17	13
		½	72	49
	24	0	62	50
		½	29	33
	25	—	4	10
	26	—	1	0
	27	—	2	2
	28	—	5	2

Das Säulenbündel in ein Glasrohr eingesogen und innerhalb des Rohres zwischen die Elektroden gelagert. Im Reizkreis 24 Daniels.

	23	0	—	5

Im Reizkreis 48 Daniel.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
2)	23	—	—	20
	22	½	0	0
	23	0	35	53
		½	42	52
	24	—	29	19
	25	—	2	2

Ein neues Säulenbündel desselben Organs nach 5 Stunden.

3)	22	½	0	0
		½	11	11
	23	0	51	51
		½	29	27
	24	—	5	13
	25	—	6	5
	26	—	2	2
	27	—	2	3

Torpedo XI.

Im Reizkreis 49 Daniel, Säulenbündel im Glasrohr.

22	¼	0	2
	½	7	11
23	0	88	71
	½	59	39
24	—	10	21
25	—	5	1
26	—	4	0
28	—	3	4

Torpedo XII.

48 Daniel 7 Bunsen Organstück im Glasrohr.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
XII. 1)	22	½	1	3
		½	18	21
	23	0	79	99
		½	63	55
	24	—	32	20
	25	—	2	4
	26	—	19	28
	27	—	5	6
2)		½	2	3
	23	0	62	80
		½	62	67
	24	—	22	25
	25	—	3	5
	26	—	3	1
	27	—	0	0

Torpedo XIII.

48 Daniel 7 Bunsen. Beim Einziehen ins Glasrohr reisst die Rückenhaut ab.

XIII.	22	½	11	8
	23	0	69	65
		½	78	49
	24	0	38	38
		½	19	21
	25	—	2	6
	26	—	1	0
	27	—	1	0
	23	½	55	40

Torpedo XIV.

22	½	0	0
23	0	30	30
	½	75	48
24	0	37	30
	½	8	6
25	0	2	1

Torpedo XV.

48 Daniel und 7 Bunsen. Organ im Glasrohr, zugleich alles zur Widerstandsmessung nach Schema S. 444 vorgerichtet.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
	22	¼	6	0
		½	92	36
	23	0	147	158
		½	96	134
	24	—	51	66
	25	—	24	52
	26	—	46	31
	27	—	10	5
	28	—	5	9
	23	—	150	155

Organwiderstand 5500—5800 Ohm.

	23	0	117	107

Durchströmung mit der ganzen Kette des Reizkreises 1½ Minuten in wechselnder Richtung.

	22—24		2	3

Widerstand 3450—3500 Ohm.

Widerstand der Zuleitungsvorrichtungen 635 Ohm.

Torpedo XVI.

48 Daniel und 7 Bunsen. Alles zur Widerstandsmessung vorgerichtet.

Widerstand: 3300 | 2900
3100 | 2900
Ohm.

Im Rheotomkreis ist ein ständiger Ausschlag von 26—27 Scalentheilen in allen Schieberstellungen am ungereizten Präparat.

Curven-Nummer	Rheotom-einstellung		Ausschlag h	Ausschlag a
	20	0	27	26
	22	0	27	26
		½	42	41
	23	0	187	122
		½	149	105
	24	—	52	54
	25	—	25	26
	26	—	29	28
	30	—	27	25

Ueber die Resorption des Traubenzuckers im Dünndarm und deren Beeinflussung durch Arzneimittel.

Von

Dr. **Friedrich v. Scanzoni.**

(Aus dem pharmakologischen Institut München.)

Die Untersuchungen von J. Brandl[1]) haben festgestellt, dass die Resorption von Nahrungsstoffen im Magen durch Arzneimittel sehr bedeutend beeinflusst wird. Während aus mässig concentrirten wässerigen Lösungen von Salzen, Traubenzucker oder Peptonen selbst bei einer Aufenthaltsdauer von 2 Stunden nur 2 bis 3% resorbirt werden, wird die Resorption durch Zusatz kleiner Mengen örtlicher Reizmittel (Kochsalz, Alkohol, Senföl, Pfefferminzöl, Pfeffer, Orexin) auf 7—14%, also durchschnittlich um das 5fache erhöht. Durch Zusatz von schleimigen Stoffen (Gummi arabicum, Stärke, Althaea) hingegen wird die Resorption bis zum 20fachen herabgesetzt. Bittermittel zeigten keinen Einfluss. Es lag nahe, derartige Versuche auf den Darm auszudehnen. Einer Anregung Prof. Tappeiners entsprechend, habe ich es unternommen, die Resorption von Traubenzucker unter dem Einfluss örtlich reizender Stoffe einer Untersuchung zu unterziehen. Dieselbe liess keine besonderen Schwierigkeiten erwarten, um so mehr als über die normalen Resorptionsverhältnisse des Zuckers und anderer Substanzen im Dünndarm, im

1) Zeitschr f. Biol. Bd. 29 S. 277.

Gegensatze zu dem lange Zeit vernachlässigten Magen, ausreichende Untersuchungen bereits vorhanden waren. Die Arbeit, auf welche ich hierbei besonders Bezug zu nehmen hatte, ist jene von Röhmann[1]), der im Anschluss an Gumilewski[2]) die Resorption von Zucker und Pepton an Hunden untersuchte, bei welchen eine Darmschlinge nach Thiry-Vella'scher Methode isolirt worden war. Dementsprechend hatte auch ich meine Aufgabe an derartig vorbereiteten Hunden zu lösen.

Die Methode, welche ich dabei befolgte, war im Allgemeinen die bisher übliche. Die Darmwundflächen wurden durch Seide mittelst Lembert'scher Naht vereinigt, wobei meist die stark vorfallende Mucosa eine genaue Naht erschwerte. Die Oeffnungen des isolirten Stückes machte ich nicht in die äussere Bauchwunde, d. h. an die Hautränder fest, sondern an die Muskulatur und zwar an das obere und untere Ende der nie mehr als 7 cm betragenden Längswunde. Auf diese Weise konnte ich einen Prolaps vollständig verhüten, indem die Schleimhaut immer einigen Widerstand an den Rändern der Hautöffnung findet, welche bei meinen Hunden stets kleiner war als das Darmlumen und sich in einigen Fällen bei längerem Aussetzen der Versuche vielleicht ganz geschlossen hätte, wenn dies nicht durch zeitweises Bougiren der Oeffnungen verhindert worden wäre. Beide Fistelöffnungen würden sich ja wohl nie geschlossen haben, da eine, je nach der Lage für den Ausfluss günstiger, durch das allerdings sehr spärlich austretende Darmsecret offen gehalten worden wäre.

Ich operirte im Ganzen 6 Hunde, zwei Hunde gingen mir an septischer Peritonitis, durch ungenügenden Schluss der Darmnaht bedingt, wenige Tage nach der Operation zu Grunde; die übrigen überstanden den Eingriff ohne irgend welchen bleibenden Nachtheil. 10 Tage nach der Operation, während welcher Zeit die Thiere nur wenig flüssige Nahrung erhalten hatten (in den ersten drei Tagen gar nichts), war die Bauchwunde meist völlig geheilt, so dass die Nähte entfernt werden konnten. Einen Hund

1) Pflüger's Archiv, Bd. 41 S. 411.
2) Desgl., Bd. 39 S. 556.

verlor ich ½ Jahr nach der Operation durch eine schwere Verletzung, die er durch einen zufälligen Unfall erlitt; das erste operirte Thier, das sich wegen seiner Grösse zu den Versuchen nicht eignete, wurde anderweitig verwendet. Die beiden übrigen Hunde blieben 3 Jahre nach der Operation bis zu ihrer Tödtung fortwährend gesund, der eine, ein Weibchen, warf sogar während dieser Zeit dreimal normale Junge. Ich glaubte mir in diesen zwei Versuchshunden zwei Thiere mit verschiedener Lage der Fistel verschafft zu haben, bei Hund I dem Jejunum, bei Hund II dem Ileum zugehörig. Leider zeigte die nach Abschluss meiner und anderer Versuche vorgenommene Section, dass ich mir bei Operation des Hundes I eine irrthümliche Ansicht bezüglich der Lage des ausgeschalteten Darmstückes gebildet hatte, indem die Fistel auch bei diesem Hunde dem Ileum angehörte.

Das Sectionsergebniss war Folgendes:

Hund I, weiblicher Pintscher, Körpergewicht 9 kg.

Entfernung der Operationsnarbe vom Pylorus	1,90 m
» » » » Proc. vermiformis	0,22 »
Länge der Fistel	0,40 »

Hund II, männlicher Dachshund, Körpergewicht 13 kg

Entfernung der Narbe vom Pylorus	2,10 m
» » » » Proc. vermiformis . . .	0,12 »
Länge der Fistel	0,27 »

Die Narbe war in beiden Fällen makroskopisch nicht mehr sehr deutlich sichtbar. Die mikroskopische Untersuchung der gehärteten Stelle aber zeigte besonders in der Muscularis sehr deutlich eine Störung in der Anordnung der Muskelzellen. Auch liess der histiologische Bau der Schleimhaut beider isolirten Darmstücke keinen Zweifel darüber bestehen, dass sie wirklich dem Ileum angehörten. Derselbe war überdies durchaus normal; es bestanden keine Anzeichen, welche auf eine Degeneration der Schleimhaut trotz der lange bestandenen Isolirung hätte schliessen lassen. Herr Prof. Dr. v. Kupffer hatte die Güte, diese Untersuchungen durch Dr. L. Neumayer, Assistent am anatomischen Institute, für mich ausführen zu lassen. Ich erlaube

mir beiden Herren auch an dieser Stelle meinen besten Dank für ihre Bemühungen auszusprechen.

I. Vorversuche.

Circa 3 Wochen nach der Operation wurde mit den ersten Versuchen begonnen, und bediente ich mich hierzu eines nach den Angaben Gumilewski's zusammengestellten Apparates, der es ermöglichte, gemessene auf Körpertemperatur erwärmte Flüssigkeiten unter genau messbarem Drucke entweder, wie ich es gewöhnlich that, nur zu Anfang des Versuches oder continuirlich in die Darmschlinge einlaufen zu lassen. Einige Aenderungen, welche ich an demselben vorgenommen habe, scheinen mir der Erwähnung werth. Statt der Gummipumpe, mittels der Gumilewski den Druck im Einflussgefässe regulirte, wurden Mariotte'sche Flaschen verwendet, damit der Druck der einfliessenden Flüssigkeit constant bleibe. Da ausserdem bei langsamem Zufliessen ein rasches Abkühlen der auf Körpertemperatur erwärmten Flüssigkeit in dem zuführenden Gummischlauch unausbleiblich ist, so wurde zwischen Fistel und Flüssigkeitsbehälter ein Liebig'scher Kühler eingeschaltet, der mit warmem Wasser gespeist, stets die Flüssigkeit auf der gewünschten Temperaturhöhe erhielt, worüber ein am Fusspunkt des Kühlers angebrachtes Thermometer, das in die Füllungsflüssigkeit taucht, Aufschluss gab. Die beiden Fisteln wurden, wie bei Gumilewski und Röhmann, mit kleinen Gummiballons wasserdicht verschlossen, durch welche kleine Röhrchen zum Zu- und Abfluss gingen. Mit dem einen Rohre wurde nun der oben erwähnte Erwärmer in möglichst nahe Verbindung gebracht und die zweite Fistel gleichfalls mit einem Erwärmer verbunden, um die aus dem Darmabschnitt austretende und durch die Athmungsbewegungen und Peristaltik auf- und absteigende Flüssigkeit nicht abkühlen zu lassen. Dem Darminhalt wurde deshalb ein Abfluss gelassen, um einerseits bei Einwirkung der Bauchpresse den Druck im Darmrohre nicht zu hoch zu gestalten, was beim festen Verschluss der Fistel der Fall sein könnte, andererseits sollten aber auch die Schwankungen der Flüssigkeitssäule graphisch

dargestellt werden, weshalb an den zweiten Erwärmer ein Wassermonometer nebst Kymographion angeschlossen wurde. Auch über die Athmungsbewegungen wurden graphische Aufzeichnungen gemacht. (Diese Versuche über die peristaltischen Bewegungen, welche den zweiten Theil dieser Arbeit bilden sollten, sind jedoch noch zu keinem Abschluss gekommen und müssen noch weiter vervollständigt werden.)

Die Versuchsflüssigkeit stand stets unter dem Druck von 40 mm Quecksilber, unter den natürlich auch schon vor dem Versuch das Monometer vom zweiten Erwärmer ausgesetzt werden musste, um ein Uebertreten der Füllungsflüssigkeit in das Manometer zu verhüten.

Es wurden zunächst eine grössere Anzahl von Versuchen gemacht, um zu bestimmen, welche Menge der Darmabschnitt fasst, und welche Menge Spülflüssigkeit nothwendig ist, um den Darm von einer bestimmten Menge eingeflossener 1 procent. Traubenzuckerlösung völlig zu befreien.

Es ergab sich zunächst, dass das Darmstück des Hundes I 80—90 ccm, das des Hundes II 40—50 ccm fasste. Die Capacität ist indess keine gleichbleibende, wie schon Gumilewski und Röhmann an ihren Fistelhunden beobachteten. Sie nimmt erheblich ab, wenn der Hund längere Zeit zu Versuchen nicht benützt wurde und nimmt zu, wenn die Versuche rasch aufeinander folgen. Werden die Versuche hingegen in gleichmässigen Zwischenräumen angestellt z. B. jeden dritten Tag eine Füllung, so lässt sich die Capacität ziemlich constant erhalten.

Die Entfernung der Traubenzuckerlösung aus dem Darmstücke wurde in der Weise vorgenommen, dass nach Beendigung des Versuches beide Ballonröhrchen abgeklemmt und von den gleichfalls abgeschlossenen Erwärmern abgenommen wurden. Nun lief zunächst aus beiden wieder geöffneten Röhrchen so viel Flüssigkeit aus, als durch die Peristaltik und die Bauchpresse herausbefördert werden konnte; der Rest der Lösung, der nicht mehr von selbst abging und oft kein geringer war, wurde durch Lufteinblasung mittelst Spritze oder Mund von der einen Fistel aus entfernt. Dann erst kam die Ausspülung mittels

150 ccm Kochsalzlösung, welche entweder auch unter Quecksilberdruck mit dem Apparat oder einer Spritze erfolgte. Auch die nicht mehr spontan ausfliessende Spülflüssigkeit wurde mittels Lufteinblasung entfernt, so dass nach Herausnahme der Ballons nur wenige Tropfen Flüssigkeit aus den Fisteln hervorkamen. Von den in vier Gläsern getrennt aufgefangenen Flüssigkeiten enthielt Glas 1 die von selbst, Glas 2 die mit Luftdruck austretende Substanzlösung, Glas 3 die spontan abfliessende Spülflüssigkeit und Glas 4 die mit Druck erhaltene Spülflüssigkeit. In Glas 4, welches meist 30—40 ccm enthielt, konnte weder quantitativ noch auch qualitativ Zucker mittels Fehling'scher Lösung oder Nylanders Reagenz mehr nachgewiesen werden. Da die Entleerung der Schlinge und ihre Ausspülung kaum mehr als 2 Minuten beanspruchte, mithin die während dieser Zeit noch statthabende Resorption das Resultat nicht wesentlich beeinflussen konnte, erschien die beschriebene Entleerungsmethode für die folgenden quantitativen Versuche von ausreichender Zuverlässigkeit.

II. Resorption von wässerigen Lösungen.

Nach den Untersuchungen von Röhmann (a. a. O.) wirken auch nur mässige Concentrationen von Traubenzuckerlösungen deutlich störend auf die Darmfunktionen ein. Ich habe daher zu meinen Versuchen nur ganz schwache Concentrationen, 0,5—1 proc. Lösungen benützt. Auch aus diesen wird nach Röhmann der Zucker innerhalb einer Stunde vollständig aufgesaugt. Unter der Voraussetzung, dass bei meinen Fistelhunden dieselben Verhältnisse sich geltend machten, hatte ich daher die Dauer meiner Versuche so weit abzukürzen, dass eine erhebliche Menge von Zucker am Schlusse sich noch vorfand, denn nur in diesem Falle konnte ich dann hoffen, den fördernden oder hemmenden Einfluss von zugesetzten Arzneimitteln auf die Resorption zu erkennen.

Zur Ermittelung der zweckmässigsten Zeitdauer der Versuche stellte ich am Hund I eine Reihe von Resorptionsversuchen an, indem ich gemessene wässerige Lösungen von Traubenzucker von

0,5—1% Gehalt zu Beginn des Versuches einlaufen und 7½, 15 und 30 Minuten in der Fistel verbleiben liess. Für die Versuche von 30 Minuten Dauer wurden 0,5 proc. Lösungen verwendet, für jene von 7½ und 15 Minuten 1procentige. Von den 7½ Minutenversuchen wurden meistens zwei ohne Zwischenpause hintereinander ausgeführt, sie sind mit *a* und *b* bezeichnet. Im Uebrigen sind alle Versuche zeitlich nicht hintereinander, sondern in grösseren Zeitintervallen, in welchen die Versuche mit Zusatz von Arzneimitteln fielen, ausgeführt, um zu sehen, ob das Resorptionsvermögen auch so weit constant geblieben, dass ein Vergleich aller Versuche noch zulässig sei. Die Bestimmung des Zuckers erfolgte in bekannter Weise mittels Fehling'scher Lösung nach vorherigem Aufkochen, Ansäuern mit Essigsäure und Filtriren.

Die Resultate gibt die folgende Tabelle:

Tabelle I.

Wässerige Zuckerlösung.

Hund I.

Lauf. No.	Datum	Dauer des Versuches	Injicirte Menge		Ausgefloss. Menge			Resorption in	
			ccm	Gehalt a. Zuck.	direct erhalt.	Lösung plus Spülflüssigk.	Gehalt an Zuck.	g	%
1	2. VII. 94	a) 7½ Min.	82	0,82	59	263	0,58	0,24	29
		b) »	82	0,82	64	274	0,60	0,20	25
2	4. » »	»	80	0,80	63	267	0,59	0,21	26
3	9. » »	a) »	80	0,80	56	255	0,60	0,20	25
		b) »	80	0,80	73	283	0,62	0,18	22
4	7. XI. »	a) »	70	0,70	46	216	0,54	0,16	23
		b) »	70	0,70	62	222	0,54	0,16	23
5	9. » »	a) »	70	0,70	47	250	0,50	0,20	28
		b) »	70	0,70	67	230	0,54	0,16	23
6	12. » »	15 Minut.	80	0,80	47	250	0,52	0,28	35
7	14. » »	»	80	0,80	46	250	0,52	0,28	35
8	3. XII. »	»	80	0,80	59	250	0,55	0,25	31
9	7. » »	»	80	0,80	64	250	0,53	0,27	34
10	14. » »	»	80	0,80	52	250	0,56	0,24	30
11	14. VII. 93	30 Minut.	124	0,62	70	250	0,27	0,35	56
12	9. X. »	»	104	0,52	58	250	0,22	0,30	55
13	16. » »	»	124	0,62	61	250	0,26	0,36	59
14	18. VI. 94	»	110	0,55	92	250	0,28	0,33	60

Die Tabelle zeigt, dass in 7½ Minuten 23—29% Traubenzucker resorbirt wurden, in 15 Minuten 30—35%, in 30 Minuten 55—60%. Bei den 7½ Minutenversuchen begegnen wir den grössten Differenzen; dieselben waren zu erwarten, da in ihnen sich der aus der Unmöglichkeit die Zeitdauer des Versuches scharf zu begrenzen ergebende Fehler am meisten geltend machen musste. Der Vergleich mit den 15 und 30 Minutenversuchen lässt es auch wahrscheinlich erscheinen, dass das Resorptionsvermögen mit der Zeit eine Abnahme erfährt; denn die Resorptionszahlen dieser letzteren Versuche sind nicht das Doppelte oder Vierfache der 7½ Minutenversuche, sondern merklich kleinere. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes erkennt man, dass mein Fistelhund I sich mit den Hunden Röhmann's bezüglich der Resorption von Traubenzucker ganz übereinstimmend verhielt. Wie bereits erwähnt, fand genannter Autor, dass 0,5 bis 1 proc. Lösungen in einer Stunde ganz oder bis auf Spuren resorbirt werden; bei meinem Fistelhund fand ich nach obiger Tabelle bei ½ stündigen Versuchen eine Resorption von 55—60%, so dass bei der doppelten Versuchsdauer wohl ebenfalls aller Zucker wie bei Röhmann verschwunden gewesen wäre. Die Tabelle zeigt ferner, dass die direct, das heisst ohne Spülung zu Ende des Versuches ausfliessende Flüssigkeitsmenge immer eine ziemlich beträchtliche ist, sie ist grösser als nach der Menge des unresorbirt gebliebenen Zuckers zu erwarten wäre. Wenn daher nicht während der Versuche ein beträchtlicher Erguss von Flüssigkeit (durch Secretion u. s. w) in die Fistel stattgefunden hat, bleibt nur die Annahme, dass der Zucker die Darmschlinge rascher verlassen hat als sein Vehikel, das Wasser. Zu gleichem Schlusse kommt auch Röhmann. Leider bin ich nicht in der Lage, über die während der Versuche stattgehabte Secretion von Darmsaft etwas Sicheres auszusagen. Gumilewski und Röhmann berechnen diese Grösse aus dem Gehalte an kohlensaurem Natron oder Kochsalz, den die aus der Fistel entleerte Flüssigkeit besitzt. Die bei meinen Versuchen eingeführte neutrale Zuckerlösung hatte bei der Entleerung zu Ende des Versuches zwar regelmässig alkalische Reaction. Die Menge des

Alkalis war aber regelmässig so gering, dass eine Bestimmung durch Titrirung ganz unmöglich war. Etwas grösser war der Kochsalzgehalt. Die einige Zeit fortgesetzten Bestimmungen desselben durch Wägung des erhaltenen Chlorsilbers, welche der damalige Institutsassistent Regierungsrath Dr. Brandl für mich auszuführen die Güte hatte, aber liessen bald erkennen, dass auch diese keine zur sicheren Berechnung der Secretionsgrösse brauchbaren Zahlen lieferten, daher ich die Sache aufgab und auf die Bestimmung der Secretion ganz verzichtete.

Tabelle II.

Wässerige Zuckerlösung.

Hund II.

Dauer des Versuches	Eingeflossene Menge		Ausgeflossene Menge			Resorption	
	ccm	Gehalt an Zucker	direct erhalten	Lösung plus Spülflüssigkeit	Gehalt an Zucker	g	%
30 Minuten	64	0,32	40	190	0,20	0,12	37
»	74	0,37	36	186	0,19	0,18	32
»	38	0,19	29	179	0,13	0,06	31
»	38	0,19	26	176	0,12	0,07	36

Tabelle II zeigt, dass bei Hund II, bei dem wie oben gesagt, das isolirte Darmstück kürzer ist und näher am Coecum liegt, das Resorptionsvermögen ein wesentlich geringeres ist, so zwar, dass bei halbstündiger Dauer der Versuche nur 31—37% der eingeführten Zuckerlösung resorbirt wurden.

II. Resorption wässeriger Lösungen unter Zusatz von Arzneimitteln.

Tabelle III.

Wässerige 1 proc. Traubenzuckerlösung mit Zusatz von Oleum Sinapis.

Hund I.

Dauer des Versuches	Zu Beginn des Versuches injicirte Menge		Ausgefloss. Menge			Resorption		Concentration
	ccm	Zuckergehalt	direct erhalt.	Lösung plus Spülflüssigk.	Gehalt an Zucker	g	%	
15 Minuten	80	0,8	58	250	0,62	0,18	22	1 Tropfen
»	80	0,8	45	250	0,55	0,25	31	1 »
»	80	0,8	51	250	0,45	0,35	43	1 »
»	80	0,8	51	250	0,5	0,28	35	1 »

Aus den Zahlen der Tabelle III ist ersichtlich, dass bei der Concentration von 1 Tropfen Ol. Sinapis: 1000 ccm Lösung die stärkste bisher beobachtete Resorption eintrat, nämlich 43% gegen 31—35% bei einfachen wässerigen Lösungen. Die Lösung von 1 Tropfen: 5000 kommt bereits wieder einer wässerigen Zuckerlösung ohne Zusatz gleich. Bei der Concentration von 1 Tropfen 100 war der Darm sehr stark gereizt, es traten Blutungen ein und mussten die Versuche einige Zeit ausgesetzt werden; dadurch erklärt es sich, dass die Resorptionsfähigkeit bedeutend herabgesetzt war. Wahrscheinlich war auch noch bei der Concentration 1 Tropfen zu 250 eine Schädigung des Darmes vorhanden. Der Geruch der Lösungen nach Senföl war bei: 1 : 100 ein stechender; bei 1 : 1000 noch ein sehr starker und bei 1 : 5000 noch gut erkenntlich.

Tabelle IV.

Wässerige 1 proc. Traubenzuckerlösung mit Zusatz von Oleum Cinnamomi.

Hund I.

Dauer des Versuches	Zu Beginn des Versuches injicirte Menge		Ausgefloss. Menge			Resorption		Zusatz von Ol. Cinnamomi
	ccm	Zuckergehalt	direct erhalt.	Lösung plus Spülflüssigk	Zuckergehalt	g	%	
15 Minuten	80	0,8	55	250	0,60	0,20	25	1 Tropfen: 20
»	80	0,8	49	250	0,49	0,31	39	1 » 50
»	80	0,8	45	250	0,48	0,32	40	1 » 100
»	80	0,8	52	250	0,53	0,27	34	1 » 500

Auch hier zeigt sich die gleiche Wirkung wie beim Senföl: Verminderung der Resorption bei starker Concentration, Erhöhung bei mässiger Concentration; die hierzu erforderlichen Zusätze müssen stärker sein als dort, auch trat keine so bedeutende Reizung der Schleimhaut ein.

Tabelle V.

Wässerige 1 proc. Traubenzuckerlösung mit Zusatz von Ol. Menthae piperitae
Continuirlicher Einlauf.

Hund I.

Dauer des Versuches	Eingefloss. Menge		Ausgefloss. Menge			Resorption		Zusatz von Ol. Menthae
	ccm	Zuckergehalt	direct erhalt.	Lösung plus Spülflüssigk.	Zuckergehalt	g	%	
30 Minuten	128	0,64	78	250	0,40	0,24	37	1 Tropfen: 50
»	124	0,62	55	250	0,25	0,37	59	1 » 150
»	194	0,97	82	250	0,32	0,65	67	1 » 250
»	144	0,72	76	250	0,36	0,36	50	1 » 500

Diese Versuche zeigen gleichfalls eine Hemmung der Resorption bei stärkerem und eine Steigerung bei mässigem Zusatz des Mittels.

Tabelle VI.

Wässerige Traubenzuckerlösung mit Zusatz von Orexin.

Hund I und II.

	Dauer des Versuch.	Zu Beginn des Versuches injicirte Menge		Ausgefloss. Menge			Resorption		Zusatz von Orexin
		ccm	Zuckergehalt	direct erhalt.	Lösung plus Spülflüssigk.	Zuckergehalt	g	%	
Hund I	15 Min.	80	0,8	39	250	0,43	0,37	45	0,1: 200
» I	15 »	80	0,8	45	250	0,44	0,36	46	0,1: 1000
» II	30 »	60	0,3	31	250	0,15	0,15	50	0,1: 500

Eine starke, die Magenresorption fördernde Wirkung fand Brandl u. A. beim Orexin, infolgedessen ich auch mit dieser Substanz einige Versuche anstellte. Dieselben zeigen, dass das Mittel auf den Darm von ähnlicher, wenn auch schwächerer Wirkung ist, indem in allen drei Versuchen eine Resorptionssteigerung von mindestens 10% eintrat.

Einige Versuche mit weissem Pfeffer lieferten leider keine brauchbaren Resultate, da es stets Schwierigkeiten bereitete, die, wenn auch noch so fein pulverisirte Pfeffermenge in entsprechender Weise in den Darm zu bringen.

Mittlere Concentration scheint jedoch gleichfalls die Resorption zu fördern, während Beimengung von grösseren Dosen den Darm schädigt.

Tabelle VII.

0,5 proc. wässerige Traubenzuckerlösung mit Zusatz von 5 % Alkohol. Hund I und II.

	Dauer des Versuches	Zu Beginn des Versuches injic. Menge		Ausgefloss. Menge	Resorption	
		ccm	Zuckergehalt	Zuckergehalt in g	g	%
Hund I	30 Minuten	150	0,75	0,16	0,59	78
» I	»	152	0,76	0,14	0,62	78
» II	»	66	0,33	0,13	0,20	60
» II	»	66	0,33	0,10	0,20	66

Wie im Magen, so hat auch im Darm der Alkohol eine die Resorption befördernde Wirkung, die unter seinem Einflusse erhaltenen Resorptionszahlen überragen alle bisherigen.

Fasse ich zum Schlusse die Hauptergebnisse meiner Untersuchung zusammen, so glaube ich sagen zu können:

1. Die versuchten Mittel: Die ätherischen Oele, das Senföl, der Alkohol, und die scharfen Gewürze (Pfeffer und Orexin) haben in gewissen Concentrationen einen unzweifelhaft fördernden Einfluss auf die Resorption des Traubenzuckers im Darm. Ihr Einfluss ist also qualitativ der gleiche wie im Magen. Quantitativ hingegen bestehen bedeutende Unterschiede. Im Magen wird die Resorption durch diese Stoffe um das 5fache und mehr gesteigert, also um mehrere 100%. Im Darm hingegen ist ihr Einfluss ein viel geringerer, die Steigerung beträgt fast immer nur wenige Procent, gerade so viel, dass sie sicher erkennbar ist. Dieser auffallende Unterschied hängt offenbar mit der verschiedenen Organisation des Magens und Darms zusammen. Der Magen resorbirt wässerige Lösungen von Zucker nur sehr unvollkommen, örtlich reizende Stoffe haben daher Gelegenheit, hier ihren mächtigen fördernden Einfluss zu entfalten. Im Darm hingegen ist das Resorptionsvermögen schon für einfache Zuckerlösung ein nahezu ideales, an dem die genannten Mittel nur

wenig mehr zu bessern vermögen. Der Magen ist also der eigentliche Wirkungsort für diese Stoffe, als Genuss- und Arzneimittel, wenn man nur die Förderung der Resorption in's Auge fasst, der Darm kann ihrer (wenigstens unter normalen Umständen) nach dieser Richtung hin entbehren.

2. Die Concentration, in der die untersuchten örtlichen Reizmittel auf die Resorption im Darm fördernd einwirken, muss erheblich geringer sein als im Magen. 1 Tropfen Senföl in 200 ccm Wasser vertheilt hat auf die Magenschleimhaut keinerlei schädigenden Einfluss geübt, sondern nur deren Resorptionsvermögen bedeutend gesteigert. Dieselbe Concentration im Darme liess deutlich Störungen (Anfänge von Entzündung) zurück und die Resorption war vermindert. Erst bei noch grösserer Verdünnung war von solcher Schädigung des Darmes nichts mehr zu bemerken und die Resorptionsfähigkeit deutlich erhöht.

Die Schleimhaut des Darmes ist also für örtliche Reizmittel viel empfindlicher als jene des Magens. Ebenso verhält es sich mit den Nahrungsstoffen selbst, wie Brandl durch Vergleichung seiner Versuche am Magen mit jenen von Röhmann am Darm gefunden hat. 10—20 proc. Zuckerlösungen werden im Magen viel besser resorbirt als 5 proc.; 3—5 proc. Lösungen im Darm hingegen wurden schon erheblich schlechter resorbirt, bewirken also bereits eine Schädigung seiner Schleimhaut.

Zum Schlusse erlaube ich mir Herrn Prof. Dr. Tappeiner für die Anregung zu dieser Untersuchung und Hrn. Regierungsrath Dr. Brandl, früheren Assistenten des Institutes, für die vielfache Hilfe während ihrer Ausführung meinen besten Dank auszusprechen.

Ueber Resorption von Pepton im Dünndarm und deren Beeinflussung durch Medikamente.

Von

Ernst Farnsteiner,

cand. med.

(Aus dem pharmakologischen Institut München.)

Es liegt bisher keine Arbeit vor, welche die Beeinflussung der Resorption von Pepton im Dünndarm durch Medikamente behandelt. Dagegen sind Versuche über die normale Resorption schon vor Jahrzehnten angestellt, so z. B. von K. Voit und J. Bauer im Jahre 1869[1]), welche an einer abgebundenen Dünndarmschlinge arbeiteten, in die eine Peptonlösung von bekanntem Gehalte injicirt wurde. Man machte aber bald den Einwand, dass durch das Abbinden einer Schlinge sowohl die Circulation als der Einfluss der Nerven geändert seien, die Verhältnisse also nicht mehr den normalen entsprächen. Neuerdings jedoch scheint man allerdings diesen Einfluss nicht für bedeutend zu halten, da eine vor Kurzem von Prof. Heidenhain erschienene Arbeit Resultate über Versuche mit Resorption und Sekretion im Dünndarm bringt, welche wieder an solchen abgebundenen Schlingen und nicht an Fisteln angestellt sind. Ferner war zu den früheren Versuchen, z. B. in der Arbeit von Voit und Bauer, ein Pepton im Brücke'schen Sinne verwendet. Es wurde dargestellt, indem man geronnenes Hühnereiweiss mit Pepsin und Salzsäure sechzig Stunden digerirte, neutralisirte und filtrirte. Die erste Arbeit, welche sich des Peptons im Kühne'schen Sinne bedient und auch gleichzeitig der Dünndarmfistel, angelegt nach der Methode

1) Zeitschrift für Biologie, Jahrgang 1869.

von Thiry-Vella, wie sie Jakob Moleschott vorgeschlagen hatte, ist die von Dr. F. Röhmann.[1])

Auf diese Arbeit hatte ich also in erster Reihe Rücksicht zu nehmen und musste meine Resultate, welche ich bei meinen Versuchen über nicht beeinflusste Resorption des Peptons erhielt, mit jenen in Vergleich stellen. Dabei ergaben sich ziemlich bedeutende Abweichungen, die einerseits in der angewandten Methode der Bestimmung des Peptons, andererseits in der ganzen Anordnung des Versuches ihre Erklärung finden. Da nach den Versuchen von Scanzoni mit Zuckerlösungen[2]) die Beeinflussung der Peptonresorption durch zugesetzte Arzneimittel voraussichtlich auch keine sehr bedeutende war, musste ich bedacht sein, hier eine genauere Bestimmungsmethode der Peptone anzuwenden, als es die von Röhmann benutzte polarimetrische der Natur der Sache nach sein kann. Daher versuchte ich auf Herrn Prof. Tappeiner's Vorschlag den N-Gehalt des Peptons zur Bestimmung zu verwenden und dachte dann aus dem N-Gehalte der ein- und ausgeflossenen Peptonlösung die resorbirte Peptonmenge zu berechnen. In dieser Absicht stellte ich die ersten Versuche an, fand aber, dass das zur eingeführten Lösung hinzukommende Darmsecret schon selbst eine beträchtliche Menge N-haltiger Substanzen enthielt, da die Differenz der ein- und ausgeflossenen N-Menge meist eine höchst geringe war. Die Stoffe, welche N enthalten konnten, mussten in erster Reihe Eiweiss und Mucin sein, daher machte ich, um die Menge des vom Darm abgeschiedenen N zu bestimmen, folgenden Versuch. Ich liess eine 0,5 proz. Lösung von NaCl in die Fistel einfliessen, filtrirte nach Beendigung des Versuches die ausgeflossene Flüssigkeit, um die ebenfalls N-haltigen Epithelien zu entfernen, dampfte zur Trockne ein, verbrannte den ganzen Rückstand mit H_2SO_4 und bestimmte den N-Gehalt nach der Kjeldahl'schen Methode. Es ergab sich aus zwei Versuchen, dass die Menge von N, bei annähernd gleichviel eingeflossener Menge NaCl-Lösung, auch eine nahezu absolut gleiche war und

1) Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. 41.
2) Diese Zeitschrift, Bd. 32 S. 361.

dass eine grosse Fehlerquelle für die Peptonbestimmung entstanden wäre, hätte ich den N des secernirten Eiweisses und Mucins auf Pepton mitverrechnet. Ich hätte stets zu geringe Resorption erhalten. Die beiden Versuche führten nämlich zu folgenden Resultaten:

Zusammensetzung der eingeflossenen Lösung	Eingefloss. Menge derselben in g	Gehalt der ausgeflossenen Menge an N in g
0,5 % NaCl	56	0,0152
	60	0,0165

Zu einem ähnlichen Resultate kamen auch K. Voit und J. Bauer.[1]) Sie banden eine Darmschlinge ab, injicirten Wasser und fanden in der ausfliessenden Flüssigkeit bei bestimmter Länge der Schlinge im Mittel 0,0208 g Eiweiss durch die Secretion des Darmes abgeschieden.

Um nun diese Fehlerquelle auszuschliessen, mussten vor der Verarbeitung des Filtrates der aus der Fistel ausfliessenden Lösung erst Eiweiss und Mucin entfernt werden. Zu diesem Zwecke wurde das Filtrat bis ca. 60 ccm eingedampft, dann in einen 250 ccm fassenden Kolben gegeben und mit 2—3 ccm gesättigter Na-Acetat-Lösung versetzt; nun wurde nahezu bis zum Kochen erhitzt und concentrirte Lösung von Fe_2Cl_6 so lange hinzugefügt, bis die über dem reichlichen Eiweissniederschlage stehende Flüssigkeit röthlich gefärbt blieb. Zur Neutralisation der frei gewordenen Essigsäure wurde 5 % NaHO zugesetzt, einmal aufgekocht und kalt filtrirt. Das Filtrat war schwach strohgelb gefärbt und enthielt weder Eisen noch Eiweiss; auch Mucin war nie mehr nachzuweisen.

Als ich nun Versuche anstellte und nach obiger Methode die ausgeflossene Lösung behandelte, erhielt ich genaue Resultate.

Die Versuche selbst stellte ich nach manchen Aenderungen nach 2 Methoden an, entweder indem ich unter constantem Drucke continuirlich die bereits resorbirte Flüssigkeit durch nachfliessende

1) a. a. O.

Versuchslösung ersetzen liess oder eine stets gleiche Menge von 50 ccm zu Anfang des Versuches einführte. Zu der ersten Methode benutzte ich den von Dr. v. Scanzoni und mir zusammengestellten Apparat, der im Prinzipe dem von Gumilewski beschriebenen entsprach, von uns aber mit einigen Abänderungen versehen war. Zum Verschluss beider Fistelöffnungen dienten wie dort Vorrichtungen, welche dem Pflüger'schen Lungenkatheter nachgebildet waren: kleine dünne Kautschukballons, welche in der Mitte von einer Röhre durchsetzt waren und seitlich einen Ansatz trugen. Sie wurden leer in die Fistel eingeführt und dann vom seitlichen Ansatz aus mit ca. 20 ccm Wasser aus einer Spritze gefüllt, so dass sie nunmehr einen vollkommenen Abschluss bildeten und die Fistel nur mehr von den die Ballons durchsetzenden beiden Röhren zugänglich blieb. Diese beiden Röhren wurden sodann mit kleinen Liebig'schen Kühlern verbunden, welche mit Thermometern versehen waren und durch deren Mantel auf 40° erwärmtes Wasser floss. Der eine Liebig'sche Kühler endigte in einem Wassermanometer, der andere führte zu dem Gefässe, das die auf Körpertemperatur erwärmte Peptonlösung enthielt und aus dem diese Lösung unter einem durch Mariotte'sche Flaschen constant erhaltenen Drucke von 40 mm Hg in die Fistel stetig zufliessen konnte.

Die Versuchsdauer bei dieser Methode betrug stets genau 30 Minuten.

In den Versuchen nach der II. Methode — einmalige Füllung zu Beginn des Versuches — wandte ich eine einfachere Vorrichtung an. Die beiden Fistelmündungen wurden wieder mit den beschriebenen Kautschukballons armirt, durch die centrale Röhre des einen wurde die auf Körpertemperatur gebrachte Peptonlösung mittelst einer Spritze injicirt und hierauf durch Klemmen verschlossen. Die centrale Röhre des anderen Ballons war wieder mit dem bereits beschriebenen Liebig'schen Kühler verbunden, dessen inneres Rohr aber diesmal nicht in einem

1) Archiv f ges. Physiol. Bd. 39 S. 556.

Manometer endigte, sondern offen blieb. In dem Kühler konnte die zeitweise durch die Bauchpresse oder durch Zusammenziehung der Darmmuskulatur gedrückte Flüssigkeit nach Belieben ausweichen, ohne zu erkalten, und wieder in die Fistel zurückfliessen, wenn der abnorme Druck nachgelassen hatte. Die ganze Vorrichtung hatte den Zweck, zu ermitteln, ob die Resorptionsverhältnisse sich anders gestalteten, wenn der Fistelinhalt nur unter dem Druck der Atmosphäre stand und nicht wie bei der I. Methode unter einem Ueberduck von 40 mm Hg. Das Volum der injicirten Peptonlösung war constant 50 ccm, durch genaues Wägen der Spritze vor und nach der Injection bestimmt.

Die Dauer jedes Versuches betrug 15 Minuten.

Die Entleerung der Fistel zu Ende der Versuche, gleichgültig, ob sie nach Methode I oder II angestellt waren, geschah in der Weise, dass zunächst der freiwillig ausfliessende und durch Einblasen von Luft herauszubringende Inhalt gesondert aufgefangen und gemessen wurde und sodann die Fistel mit ca. 150 ccm physiologischer, warmer Kochsalzlösung sorgfältig ausgespült wurde. Beide Portionen wurden sodann behufs der weiteren chemischen Manipulation vereinigt.

Das mir zur Verfügung stehende Versuchsthier, ein Dachshund, hatte, ein Gewicht von 13,25 kg, war ca. 4 Jahre alt und vor circa 1 Jahr von Herrn Dr. v. Scanzoni operirt worden. Die Fistel war nach der Thiry-Vella'schen Methode angelegt worden, leider lagen beide Oeffnungen derselben sehr nahe aneinander, ein Umstand, der die Einführung der Ballons erschwerte und es daher rathsam erscheinen lässt, bei der Anlegung die Bauchwunde recht gross zu machen, damit eine genügend lange Brücke zwischen den Fistelöffnungen gebildet werden kann.

Die Fistel gehörte nach dem von Dr. v. Scanzoni veröffentlichten Sectionsberichte dem untern Theile des Dünndarms an und war 210 cm vom Pylorus und 12 cm vom Processus vermiformis entfernt; die Länge der Fistel betrug 27 cm. Das Fassungsvermögen schwankte je nach der Häufigkeit der vorgenommenen Versuche; wenn der Hund lange Zeit nicht zu

Versuchen benutzt wurde, so liefen ca. 60 ccm ein, nach regelmässiger täglicher Benutzung aber sogar 120 ccm. Das Secret, das sich von einem zum andern Tage in der Fistel ansammelt, war stark alkalisch und bisweilen zur Form eines ca. 1 mm dicken, runden, elastischen Stranges von gelblicher Farbe eingedickt. Die nach den Versuchen auslaufende Flüssigkeit zeigte ebenfalls und zwar mit der Häufigkeit der Benutzung der Fistel steigende Alkalescenz. Die Versuche wurden stets ca. 2 Stunden vor dem Fressen angestellt, nachdem der Hund also vor ca. 22 Stunden die letzte Nahrung erhalten hatte. Der Hund war während der Versuche in Rückenlage auf einer Versuchsrinne von Claude Bernard fixirt, selbverständlich mit grösster Schonung. Das Thier gewöhnte sich bald an diese Versuche, so dass es nach kurzer Zeit der Uebung nur wenig mehr dagegen reagirte und nur ganz leichte Fesselung nöthig war.

Das Pepton, das ich benutzte, war, ebenso wie jenes, das Röhmann verwendet hatte, von Dr. Grübler in Leipzig bezogen. Es befand sich lange Zeit über Schwefelsäure und hatte daher nur einen geringen Wassergehalt von 1,83 %, bestimmt durch Erwärmen bei 70° C. im Trockenschrank, bis keine weitere Gewichtsabnahme mehr erfolgte. Das Präparat konnte grösstentheils als ein solches im Kühne'schen Sinne angesehen werden, denn es gab bei reichlichem Hinzufügen von concentrirter Lösung von schwefelsaurem Ammoniak zu seiner Lösung nur eine Trübung; auf Zusatz der üblichen Reagentien auf Eiweiss, insbesondere Ferrocyankalium + Essigsäure, trat keine Fällung ein. Bei den Stickstoffbestimmungen, die ich mit ihm vornahm, erhielt ich 15,5—16,1 % N, im Mittel also 15,8 %, welche Zahl in die späteren Rechnungen eingeführt wurde. Bei der Titration des Destillates wurde Lakmustinktur benutzt, welcher der rote Farbstoff durch die bekannte Methode entzogen war: Phenolphtaleïn zeigte sich für NH_3 zu wenig empfindlich. Die colorimetrische Methode der Peptonbestimmung konnte ich nicht verwerthen; wenn sie auch bei reinen Peptonlösungen gute, genügend genaue Resultate gab, so waren sie doch von den durch die N-Bestimmung erhaltenen bei zur Resorption bereits

verwendeten Flüssigkeiten meist um mehrere Centigramme abweichend, weshalb ich sie bald aufgab.

Ich begann mit Versuchen nach der I. Methode. Da nach Röhmann Peptonlösungen in Concentrationen über 2% deutlich schädigend auf die Darmschleimhaut wirken, indem sie deren Resorptionsfähigkeit herabsetzen, benützte ich zuerst 1 proc. Lösungen.

Versuch 1 (16. Mai) dauerte eine Stunde und ergab 54% Resorption, Versuch 2 (18. Mai) nur eine halbe Stunde und ergab 43%. Alle folgenden Versuche mit 0,5 proc. Lösung dauerten eine halbe Stunde. Versuch 3 und 4 (21. und 28. Mai) bei einer Einflussmenge von 54—56 ccm ergaben ziemlich genau die gleiche Resorptionszahl (24 und 25%), weshalb ich auf die Versuche mit Zusätzen von Medicamenten übergehen zu können glaubte und zunächst mit Stärke und Alkohol arbeitete. Hierbei erschienen aber nun so hohe Resorptionszahlen und flossen auch während des Versuches so sehr viel grössere Mengen von Lösung ein, dass sich offenbar auch die normale Resorptionsgrösse geändert hatte und ich mich nach vier Wochen, in welcher Zeit etwa zehn Versuche gemacht waren, entschliessen musste, neue Versuche mit reinen Peptonlösungen anzustellen.

Ein Versuch am 22. Juni ergab in der That bei einer Einflussmenge von 126 ccm eine Resorption von 55%, also eine Steigerung auf das Doppelte. Somit schien nun jede weitere Arbeit auf diesem Wege, d. h. mit continuirlicher Einführung von Versuchslösung unter konstantem Drucke zwecklos zu sein, da sich für die Beurtheilung der durch Arzneimittel gesteigerten resp. herabgedrückten Resorption ein sicherer Anhalt nicht zu ergeben schien. Es fiel mir nun aber auf, dass die zwei ersten mit halbprozentigen Lösungen angestellten Versuche und der letzte eine recht genaue Uebereinstimmung zeigten, wenn man bei ihrer Berechnung von der Annahme ausging, dass die Resorption proportional der Einflussmenge sei. Dasselbe zeigte sich auch noch bei drei später unternommenen Normalversuchen vom 27. und 28. Juni und 9. Juli. In der That erhält man, wenn man diese 6 Versuche unter genannter Voraussetzung auf das Einflussvolumen

von 100 ccm reducirt, gut übereinstimmende Resorptionszahlen, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Datum	Eingeflossen. Menge ccm	Ausgeflossen. Menge ccm	Pepton in g eingeführt	Pepton in g wieder erhalten	Resorbirtes Pepton in % d. eingeführt. Menge	Resorb. Pept. in % auf 100 ccm Einflussmenge berechnet
21. Mai	54	44	0,270	0,200	24	46,3
28. »	56	48	0,280	0,212	25	42,9
22. Juni	126	83	0,630	0,290	55	43,7
27. »	118	84	0,590	0,290	52	44,1
28. »	121	80	0,605	0,301	53	43,9
9. Juli	100	70	0,500	0,280	44	44,0

Im Mittel mithin 44 %.

In Folge dessen sah ich mich veranlasst, auch die Versuche, welche inzwischen mit Peptonlösungen unter Zusatz von Arzneimitteln angestellt worden waren, unter diesem Gesichtspunkte zusammenzustellen und erhielt nunmehr statt der anscheinend völligen Regellosigkeit ganz befriedigende und eindeutige Ergebnisse. Sie sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Datum	Zugesetztes Arzneimittel	Eingeflossene Menge g	Ausgeflossene Menge g	Pepton eingeführt	Pepton wieder erhalten	Resorbirtes Pepton in %	Resorb. Pepton a. 100 ccm Einflussmenge berechn.	Differenz resp. Beeinflussg. d Resorpt. durch das zugesetzt. Mittel
14. Juni	2 % Stärke	83	70	0,415	0,308	26	37	— 11
15. »	Senföl 1 Tropf.: 1000	102	87	0,510	0,260	49	45	+ 4
19. »	Senföl 1 : 5000	108	74	0,540	0,224	60	48	+ 12
21. »	Senföl 1 : 20 000	120	89	0,600	0,300	52	53	— 1
26. »	5 % Alkohol	96	80	0,480	0,238	50	42	+ 8
30. »	2,5 % »	116	90	0,580	0,280	49	51	— 2
2. Juli	0,5 % Kochs.	101	88	0,505	0,230	54	44	+ 10
3. »	1 % »	105	86	0,525	0,253	52	46	+ 6
7. »	Zimmtöl 1 Tropf.: 500	130	94	0,650	0,265	59	57	+ 2

Man bemerkt, dass der Zusatz von 2% Stärke, welche mit dem Wasser der Peptonlösung verkleistert war, die Resorption recht erheblich herabgesetzt hat, und dass alle andern Mittel, die sämmtlich örtlich reizender Natur waren, auf die Resorption einen mehr weniger deutlich steigernden Einfluss ausübten.

Ich bin indess weit entfernt, den nach obiger Annahme aus meinen bisherigen Versuchen berechneten Resultaten eine selbständige Bedeutung beizumessen, denn ich verkenne nicht, dass meine Annahme der proportionalen Beziehung zwischen Einflussmenge und Resorptionsgrösse auf einer zu geringen Anzahl von Normalversuchen fusst, um auf ihr weitere Folgerungen aufzubauen.

Ich habe die bisherigen Versuche, nach obiger Weise berechnet, auch nur hier aufgeführt, weil ihr Resultat in guter Uebereinstimmung mit den folgenden Versuchen steht, welche ich in anderer Weise, nämlich nach der zweiten Methode angestellt habe und auf welche ich nunmehr eingehe.

Das injicirte Volumen betrug hierbei immer genau 50 ccm. Die Peptonlösung war einprocentig und die Versuchsdauer betrug genau 15 Minuten. Die Versuche wurden sämmtlich in aufeinanderfolgenden Tagen zu gleicher Tageszeit vorgenommen, weil es mir schon in den früheren Versuchen aufgefallen war, dass die Resorption sich viel gleichmässiger gestaltete, wenn die Versuche in regelmässigen Zwischenräumen unternommen wurden. Zunächst wurde die normale Resorptionsgrösse durch einige Versuche ermittelt. Sie zeigte sich wegen der nun in viel rascherer Folge angestellten Experimente gegen früher beträchtlich erhöht. Hierauf begannen die Versuche mit Arzneimitteln, dazwischen wurden mehrere weitere Normalversuche eingeschaltet, um zu constatiren, dass die Resorption die gleiche geblieben.

(Siehe Tabelle auf S. 484.)

Von den in dieser Tabelle aufgeführten Versuchen mit Arzneimitteln hebe ich zunächst jene mit Alkohol heraus. Bei seiner Anwendung galt es die Grösse des Zusatzes so zu wählen, dass eine Wirkung, wenn eine solche überhaupt ihm eigen sein sollte, zu erkennen war, eine Schädigung der Schleim-

Zusammensetzung der Versuchslösung	Pepton			Differenz v. Mittel der Normalversuche
	eingeführt	wieder erhalten	resorbirt %	
Normalversuch	0,5	0,185	63	0
do.	0,5	0,170	66	+ 3
do.	0,5	0,195	61	— 2
2 % Stärke	0,5	0,310	38	— 25
Senföl I gtt. : 5000 . .	0,5	0,141	72	+ 9
5 % Alkohol	0,5	0,140	72	+ 9
Normalversuch	0,5	0,184	63	0
2 % Stärke	0,5	0,290	42	— 21
Senföl I gtt. : 1500 . .	0,5	0,135	73	+ 10
5 % Alkohol	0,5	0,132	74	+ 11
0,1 % Natr. cetraricum .	0,5	0,180	64	+ 1
0,2 % » » .	0,5	0,160	68	+ 5
0,1 % Quassiin	0,5	0,162	68	+ 5
Zimmtöl I gtt : 500 . .	0,5	0,157	69	+ 6
Normalversuch	0,5	0,188	62	— 1

haut, durch welche die Resorption verschlechtert worden wäre, aber vermieden wurde. Nach einigen Vorversuchen schien mir ein Zusatz von 5% der passendste zu sein. Wie die Tabelle zeigt, hat durch ihn eine zwar nicht grosse, aber doch unverkennbare Steigerung der Resorption stattgefunden. Die bei ihm erhaltenen Resorptionswerthe 72 und 74% sind grösser als das aus den fünf mit einfachen Peptonlösungen angestellten Versuchen, welche ich in der Tabelle als Normalversuche aufgeführt habe, sich ergebende Mittel: 63% und erheben sich auch noch deutlich über den höchsten Werth 66%, der bei einem dieser Normalversuche erhalten wurde.

Zu ähnlichen Ergebnissen führten auch die Versuche mit Senföl und Zimmtöl. Die gleichmässige Vertheilung dieser Oele im Wasser geschah in der üblichen Weise. Ein Tropfen des Oeles wurde mit einigen Gramm Talk gut verrieben, in einer Flasche mit 200 ccm Wasser längere Zeit tüchtig geschüttelt und vom Talk schliesslich mittelst Filtriren durch ein doppeltes Filter getrennt. Diese Stammlösung wurde sodann zur Herstellung der gewünschten Verdünnungen benützt. Die Tabelle lässt

erkennen, dass beide Oele die Resorption der Peptonlösung gefördert haben, denn die bei ihrem Zusatz erhaltenen Resorptionswerthe 72, 73, 69% erheben sich ebenfalls sowohl über den Mittelwerth (63%) als auch über den Maximalwerth 66% der Normalversuche.

Ich hatte mich mit der Hoffnung getragen, höhere Werthe zu erhalten, ausgehend von den Darlegungen F. Hofmeister's, wonach das resorbirte Pepton zunächst in organisirter Form, d. h. in Leukocyten, in den Kreislauf gelangt, und nach den Untersuchungen von J. Pohl[1]) eine grosse Anzahl von Stoffen, darunter auch das Senföl und das Zimmtöl, diesen cellulären Nährstofftransport zu fördern vermögen. Thatsächlich sind jedoch die unter dem Einflusse dieser Oele erhaltenen Resorptionszahlen für Pepton nicht höher als sie Scanzoni für den Traubenzucker erhalten hat, auf den die Ausführungen von Hofmeister und Pohl sich nicht erstrecken, und ebenso sind sie auch nicht höher als beim Alkohol, dem nach Pohl das Vermögen, Leukocytose zu erzeugen, fehlt.

Noch geringer fielen die Resorptionszahlen bei den Bitterstoffen aus, von denen ich cetrarsaures Natron und Quassiin, beide aus der chemischen Fabrik von Merk in Darmstadt bezogen, untersuchte. Ich trage Bedenken, die in zwei Fällen gefundene Erhöhung, welche nur um 2% über die Maximalzahl der Normalversuche sich erhebt, als ein sicheres positives Ergebniss anzusehen.

Eines Stoffes, der in der Tabelle nicht aufgeführt ist, möchte ich noch Erwähnung thun, nämlich des Orexins. Nach Brandl bewirkt dieser pfefferartige Stoff eine bedeutende Steigerung der Resorption im Magen und in abgeschwächter Weise nach Scanzoni auch im Darm für Traubenzucker. Ich habe daher auch mit ihm einige Versuche angestellt. Leider stellt deren sicherer Berechnung der Stickstoffgehalt dieses Mittels sich hemmend entgegen. Derselbe beträgt annähernd 15%, also fast so viel wie beim Pepton selber, sodass er bei den Zusätzen von Orexin, welche eine Förderung der Resorption erwarten liessen, nämlich 0,05

1) Archiv f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 25 S. 51.

bis 0,1%, nicht mehr zu vernachlässigen ist. Eine bequeme aber sichere Methode, diesen Körper vor der Stickstoffbestimmung vom Pepton zu trennen, habe ich nicht finden können. Eine Bestimmung seiner Resorptionsgrösse bot ebenfalls keine Aussicht auf Erfolg, da sie mit einiger Genauigkeit nur in ½- bis 1 proc. Lösungen zu ermitteln gewesen wäre, welche nicht anwendbar sind, da sie den Darm schon zu stark entzündlich beeinflussen. Ich musste daher auf eine Verwerthung der mit Orexin angestellten Versuche verzichten und erwähne nur, dass bei 0,1% Orexinzusatz die Differenz vom Stickstoffgehalt des eingeführten Peptons mit dem Stickstoffgehalt des ausgeflossenen auf Pepton berechnet, einen Resorptionswerth ergab, der bereits um einige Procent höher als das Mittel der Normalversuche war. Da nun kaum anzunehmen ist, dass aller im Ausgeflossenen gefundener Stickstoff auf Pepton zu beziehen ist, da dies eine vollständige Resorption des Orexins zur Voraussetzung hätte, muss die wirkliche Resorption für das Pepton noch höher sein, bezw. das Orexin die Resorption entschieden gefördert haben.

Ich komme nun schliesslich zu den Versuchen, welche die stärksten Ausschläge ergeben haben, den Versuchen unter Zusatz von Stärke in Form von Stärkekleister. Ich habe dieselben in der Absicht unternommen, die von Brandl für den Magen gefundene starke resorptionshemmende Wirkung der Mucilaginosa auch für den Darm zu erweisen. Ich glaube, dass ich dies als erfüllt betrachten darf, denn die Herabsetzung der Resorption ist in allen drei Versuchen (einer nach der ersten, zwei nach der zweiten Methode angestellt) eine so beträchtliche (bis auf die Hälfte), dass sie weit unter die möglichen Versuchsfehler herabgeht. Die Herabsetzung würde wahrscheinlich noch grösser ausgefallen sein, wenn nicht ein Theil der Stärke während des Versuches in Zucker umgewandelt worden wäre, mithin seine Eigenschaft als Mucilaginosum verloren hätte.

Röhmann[1]) hat bereits nachgewiesen, dass in den isolirten Darmschlingen eine beträchtliche diastatische Wirkung sich abspielen kann und ich selbst konnte mich in meinem ersten

1) a. a. O. S. 432.

Versuche davon überzeugen. Ich theilte den Fistelinhalt nach der Entleerung in zwei Hälften, bestimmte in der einen sofort das Reductionsvermögen für Kupferoxyd und in der andern nach Ueberführung der Stärke in Zucker durch Salzsäure. Die Differenz auf Stärke berechnet, ergab annähernd den Gehalt des Fistelinhaltes an noch unveränderter Stärke. Ich fand statt 1,660 eingeführter Stärke nur mehr 0,745, also weniger als die Hälfte.

Es bestand die Absicht, den Stärkeversuchen auch noch einige mit anderen schleimigen Mitteln, Mucilago Gummi arabici und Althäaschleim anzureihen. Leider liess der relativ hohe Stickstoffgehalt dieser Mittel dieselbe nicht ausführbar erscheinen. Im Gummi arabicum fand ich zu 1,08% N, ein Infusum Rad. Althäa 10,0 ad 150,0 enthielt 0,078% N. Die von mir verwendete Stärke war zwar auch nicht stickstofffrei, doch war der Gehalt 0,2% = 0,002 für 50 ccm Versuchslösung so gering, dass er auf das Versuchsergebniss keinen bedeutenderen Einfluss haben konnte. Dass die eben genannten beiden Mucilaginosa wohl dieselbe Wirkung auf den Darm ausübten, kann ich nur aus der Erscheinung schliessen, welche mir schon bei den Stärkeversuchen mit continuirlichem Einlauf (I. Methode) aufgefallen war und bei den Versuchen mit Gummi und Althäa sich wiederholte. Es war das auffallend grosse Fassungsvermögen der Fistel, das in diesen Versuchstagen beträchtlich grösser war, als in den Versuchen vor und nachher. Offenbar musste der Darm resp. seine Muskulatur sich in einem Zustande völliger Erschlaffung befunden haben, indem die Mucilaginosa auch hier ihre therapeutisch bereits wohlbekannte reizabhaltende Wirkung zur Geltung brachten.

Zum Schlusse stelle ich die wesentlichen Resultate meiner Untersuchung zusammen:

1. Die Resorption 1proc. wässeriger Peptonlösung aus der von mir benützten, dem Ileum zugehörigen Fistel bei Versuchsdauer von ¼ Stunde betrug 61—66%, im Mittel 63%.

2. Zusatz von 5proc. Alkohol erhöht die Resorption auf 72—74%; Senföl (1 Tropfen auf 1500—5000) bringt Erhöhung

auf 72—73%; Zimmtöl (1 Tropfen auf 500) eine solche von 69%.

Die resorptionsfördernde Wirkung dieser Stoffe ist sonach zwar deutlich, aber sehr viel geringer als beim Magen, offenbar befindet sich die Resorptionsfähigkeit der Darmschleimhaut schon normal auf einer so hohen Stufe der Vollkommenheit, dass Zusätze örtlich reizender Stoffe darauf nur wenig mehr von Einfluss sind.

3. Bitterstoffe (Natrium cetraricum, Quassiin) zeigten keine sicher constatirbare erhöhende Wirkung.

4. Viel deutlicher als die resorptionsfördernde Wirkung örtlich reizender Stoffe ist die resorptionshemmende der Mucilaginosa. Zusatz von 2 proc. Stärke in Kleisterform setzt die Resorption auf 21—25% herab.

Gleichzeitig bewirken diese Stoffe auch eine starke Erschlaffung der Darmmuskulatur, welche sich durch Zunahme des Fassungsvermögens der Fistel dokumentirt.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Hrn. Prof. Dr. Tappeiner für die Anregung zu dieser Arbeit und dem früheren Assistenten des Institutes, Hrn. Regierungsrath Dr. Brandl für seine bereitwillige Unterstützung während derselben meinen besten Dank auszusprechen.

Ueber das Salzsäure-Bindungsvermögen der Albumosen und Peptone.

Von

Dr. med. **Otto Cohnheim.**

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg.)

Es ist eine alte Beobachtung, dass bei der Magenverdauung ein Theil der vorhandenen freien Salzsäure allmählich verbraucht wird und von den bei der Verdauung gebildeten Umwandlungsproducten des Eiweisses mit Beschlag belegt wird. Lässt man Fibrin oder einen andern Eiweisskörper durch Magensaft oder Salzsäure mit Pepsinzusatz verdauen, so ist das Verdauungsgemisch nach einer gewissen Zeit zwar für Lakmus und Phenolphthaleïn noch sauer, gibt aber nicht mehr die für freie Salzsäure charakteristischen Reactionen, die Bläuung des Methylviolett, die Bläuung des rothen Congopapiers, die Rothfärbung mit dem Günzburg'schen Phloroglucin-Vanillin-Reagens u. a. m.[1]) Ebenso hat die Salzsäure ihre verdauenden Eigenschaften eingebüsst. Die Verdauung kommt aber sofort wieder in Gang, sobald man von neuem Salzsäure zusetzt. Mit dem weiteren Fortschreiten der Verdauung wird das Salzsäurebedürfnis ein immer steigendes: als Kühne[2]) das Witte'sche Albumosengemisch bis zur völligen Umwandlung aller Albumosen in Pepton mit künstlichem Magensaft verdaute, musste er zu sehr erheblichen Salzsäureconcentrationen greifen. Offenbar erfordern die aufeinanderfolgenden Umwandlungsproducte des Eiweisses zu ihrer

1) C. A. Ewald, Klinik der Verdauungskrankheiten, Bd. 2 S. 19 ff.

2) W. Kühne, Erfahrungen über Albumosen und Peptone. Zeitschr. f. Biol. Bd. 29 S. 1.

Bildung bei der Magenverdauung einen immer steigenden Salzsäuregehalt.

Die Ersten, die von diesen Verbindungen zwischen Salzsäure und Eiweiss gesprochen haben, sind wohl C. Schmidt[1]) und Mulder[2]). Mulder hat auch bereits den Salzsäuregehalt der Salzsäure-Eiweissverbindung bestimmt und zwar auf 3,7 %. Die weitere, sehr umfangreiche Litteratur über die Bindungsverhältnisse zwischen Eiweiss und Salzsäure findet sich bei Sjöqvist[3]) zusammengestellt. Sjöqvist hat die Verbindung zwischen Salzsäure und Eiweiss eingehend untersucht; er hat, ausgehend von den Untersuchungen von Ostwald und Arrhenius, die elektrische Leitfähigkeit von Lösungen, die Salzsäure und Eiweiss enthielten, untersucht und ist dabei für das salzsaure Eiweiss zu sehr umfassenden Resultaten gelangt. Ueber die Verbindungen der Salzsäure mit den Albumosen berichtet er dagegen nur kurz und ohne eine Trennung der verschiedenen Albumosen vorzunehmen. Früher schon hat R. Herth[4]) über das salzsaure Salz der Hemialbumose, die er für einen einheitlichen Körper hielt, berichtet; er konnte keine constanten Bindungswerthe erhalten. Endlich sind von Paal[5]) die »Peptonchlorhydrate« des Glutins und des Eieralbumins genau untersucht und analysirt worden. Paal hat dieselbe durch Einwirkung kochender, hochconcentrirter Salzsäure auf Glutin, resp. Hühnereiweiss als chemisch gut charakterisirte Körper erhalten, die sich von

---

1) C. Schmidt, Ueber das Wesen des Verdauungsprocesses. Ann. d. Chemie u. Pharmac. 1847. Bd. 61 S. 311.

2) Mulder, Versuch einer allgem. physiologischen Chemie. Braunschweig 1851 (citirt nach Sjöqvist).

3) J. Sjöqvist, Physiologisch-chemische Beobachtungen über Salzsäure. Skandinav. Archiv f. Physiol. 1895. Bd. 5 S. 277.

4) R. Herth, Ueber die Hemialbumose oder das Propepton. Sitzungsbericht der kaiserl. Akademie der Wissenschaften Wien. Bd. 90 Abtheil. 3, Juniheft 1884.

5) C. Paal, Ueber die Peptonsalze des Glutins. Berichte d. deutschen chemischen Gesellschaft. 1892. Jahrgang 25, Heft 6, 176. — Derselbe, Ueber die Peptonsalze des Eieralbumins. Ibidem. 1894. Jahrgang 27, Heft 13, 347.

einander durch einen wechselnden Salzsäuregehalt unterscheiden. Seine Glutinpeptonchlorhydrate zeigen einen Salzsäuregehalt, der zwischen 10,38 und 18,94 % schwankt, seine Albuminchlorhydrate einen solchen zwischen 11,79 und 19,88 %. Und zwar stieg der Salzsäuregehalt mit der Dauer der Einwirkung der Salzsäure. Noch grössere Differenzen erhielt er durch Dialyse der Salze; aus einem Salze mit 10,56 % Salzsäure erhielt er ein schwer diffundirendes mit einem Gehalt von 5,79 % und ein leicht diffundirendes mit einem Gehalt von 14,19 % Salzsäure. Ferner fand er, dass »der Säuregehalt der Peptonsalze in umgekehrtem Verhältnisse zur Grösse ihres Molekulargewichts steht«,[1]) und zog den Schluss: »Der Grad der mit dem Namen der Peptonisation bezeichneten hydrolytischen Spaltung der Proteïnstoffe kann daher von Stufe zu Stufe gemessen werden durch das in demselben Verhältnisse zunehmende Säurebindungsvermögen der in den einzelnen Phasen entstehenden Hydratationsprodukte.«[2]) Dieser Schluss entspricht auch den Eigenschaften seiner Salze. Vergleicht man sie nämlich mit denen der einzelnen Albumosen und Peptone,[3]) so sind nur seine Salze mit dem höchsten Salzsäuregehalt wirkliche Peptonsalze, während die mit niederem Salzsäuregehalte Gemenge von Peptonsalzen mit Salzen der einzelnen Albumosen sind. Die Salze mit niederem Salzsäuregehalt lassen sich theilweise durch Ammoniumsulfat aussalzen, die mit hohem nicht mehr. Gerbsäure erzeugt in den Lösungen der Salze mit niederem Salzsäuregehalt einen Niederschlag, nicht aber in denen mit hohem; und Neumeister[3]) gibt an, dass der Gerbsäureniederschlag in den Albumoselösungen zwar immer, in den Peptonlösungen aber nur bei hinreichendem Salzgehalt entsteht und sich ausserdem im Ueberschusse wieder löst. Auch dass Paal in den Albumosechlorhydraten mit Ferrocyankalium und Essigsäure keinen Niederschlag erhielt, wird durch Neumeister's Angabe erklärt, dass bei Gegenwart von Pepton der

1) Paal, Eieralbumin, a. a. O. S. 1837.

2) Paal, Eieralbumin, a. a. O. S. 1850.

3) Neumeister, Reactionen der Albumosen und Peptone. Zeitschr. f. Biol. Bd. 26 S. 324.

fragliche Niederschlag in Albumoselösungen ausbleiben kann. Weiter sind zwar sämmtliche Salze Paal's hygroskopisch, aber die mit hohem Salzsäuregehalt mehr als die mit niederem, ein Verhalten, das ebenfalls durch die Annahme erklärt wird, dass die Salze mit niederem Salzsäuregehalt Gemenge von Salzen der hygroskopischen Peptone mit solchen der nicht hygroskopischen Albumosen sind. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, dass Paal neben den Peptonchlorhydraten auch Albumosechlorhydrate, u. zw. von verschiedenem Salzsäuregehalt vor sich gehabt hat.

Nun sind aber die verschiedenen »Peptonisationsstufen« des Eiweiss von Kühne und Chittenden [1]) als mehrere, von einander verschiedene Körper isolirt worden, und es war daher vorauszusetzen, dass auch das Salzsäurebindungsvermögen der drei Albumosen und des Peptons ein verschiedenes sein würde. Zur Feststellung dieses Verhältnisses habe ich auf Veranlassung von Herrn Geheimrath Kühne die vorliegende Untersuchung vorgenommen.

Die Methode, deren ich mich zunächst dabei bediente, ist die von F. A. Hoffmann [2]) nach einer Idee von Ostwald ausgearbeitete Methode zur quantitativen Erkennung der freien Salzsäure im Magensaft. Sie besteht, kurz gesagt, in Folgendem:

Rohrzucker zerfällt in wässriger Lösung unter dem Einflusse von Salzsäure wie von anderen Säuren in Dextrose und Lävulose, und zwar folgt diese Inversion dem Wilhelmy'schen logarithmischen Gesetze für den Ablauf chemischer Vorgänge.[3]) Das Gesetz lautet:

$$C\vartheta = l \frac{A}{A-x}$$

1) W. Kühne u Dr. R. H. Chittenden, Ueber Albumosen. Zeitschrift f. Biol. Bd. 20 S. 11.

2) F. A. Hoffmann, Erkennung und Bestimmung der freien Salzsäure im Magensaft. Centralbl. f. klin. Medicin, 1889, No. 46. — Derselbe, Weitere Bemerkungen über Salzsäure im Magensaft Ibid., 1890, No. 29. — Derselbe, Ueber quantitative Salzsäurebestimmung im Magensaft. Verh. d X. internat. medic. Congresses, 1890, Abth. 5. — Derselbe, Ueber Säurewirkung bei der Pepsinverdauung. Schmidt's Jahrbücher, 1892, Bd. 233 S. 263.

3) W. Ostwald, Lehrbuch d. allgem. Chemie, I. Aufl. Bd. 2 S. 616.

Dabei ist A die ursprünglich vorhandene, x die im Verlaufe des Versuches umgewandelte Zuckermenge, C eine von der Natur und Menge der Säure abhängige Konstante, und ϑ die Zeit. Nun ist aber[1]) die Menge Rohrzucker, die in einer Lösung enthalten ist, proportional dem Winkel, um den die Lösung die Polarisationsebene dreht, und die Drehungszahl gibt daher ein einfaches Maass für die Zuckermenge ab. Die ursprüngliche Zuckermenge A ist dabei gleich der Drehung, die der Zucker überhaupt durchlaufen kann; nach Hoffmann berechnet man sie in der Weise, dass man die Anfangsdrehung mit 0,4416 für 0° multiplicirt — für jeden Grad, den die Beobachtungstemperatur über 0° liegt, ist 0,00506 von 0,4416 abzuziehen — und das Product zu der ursprünglichen Drehung addirt. x findet man einfach als Differenz der Drehungszahlen am Beginn und am Ende des Versuchs.

Stellt man nun 2 Versuche mit gleicher Zuckermenge und gleicher Zeitdauer an, den einen mit bekannter Salzsäuremenge d, den andern mit unbekannter z, so gilt:

$$\frac{C\vartheta}{C'\vartheta} = \frac{l\,\frac{A}{A-x}}{l\,\frac{A}{A-x'}}$$

Da es sich um Verhältnisse handelt, so kann man die natürlichen Logarithmen durch die Brigg'schen ersetzen, und ϑ fällt fort. Also

$$\frac{C}{C'} = \frac{log\ A - log\ (A-x)}{log\ A - log\ (A-x')}$$

Und da die wirkende Säure in beiden Fällen Salzsäure ist, so hängt die in C ausgedrückte Wirkung nur von der Menge Salzsäure ab, und es berechnet sich

$$z = \frac{C' \cdot d}{C}$$

Diese Hoffmann'sche Methode bietet also ein verhältnissmässig einfaches und dabei völlig genaues Mittel zur Bestimmung der in irgend einer Lösung vorhandenen freien, chemisch wirk-

1) Ostwald, a. a. O. S. 810.

samen Salzsäure dar. Ich brauchte nur zu einer Albumoselösung von bekanntem Gehalt (N) Salzsäure von bekanntem Gehalt (M) im Ueberschusse zu setzen, und dann mittelst der Hoffmann'schen Methode die freie, nicht gebundene Salzsäure (s) zu bestimmen. Dann war die Differenz zwischen der ursprünglich vorhandenen und der als frei gefundenen Salzsäure diejenige Salzsäuremenge, die von der Albumose gebunden wurde; und aus der Gleichung

$$\frac{N}{M-s} = \frac{100}{x}$$

berechnet sich x als die Menge Salzsäure, die von der Albumose gebunden werden kann, ausgedrückt in Procenten ihres Gewichts.

Die Beobachtungen wurden an einem Halbschattenpolarisationsapparat mit einer Röhrenlänge von 100 und von 200 mm vorgenommen, und die Versuche in folgender Weise angestellt. In ein Reagensrohr kamen 5 ccm einer 10 % Rohrzuckerlösung und 5 ccm einer Salzsäurelösung von bekanntem Gehalt, in ein zweites 5 ccm einer 10% Rohrzuckerlösung und 5 ccm einer Lösung von bekanntem Albumosen- und Salzsäuregehalte. Bei beiden Mischungen wurde die Drehung bestimmt, dann wurden beide eine bestimmte Zeit, in der Regel 4 Stunden, im Wasserbade auf constanter Temperatur erhalten. Nach Beendigung der Zeit wurden die Röhrchen, um die weitere Wirkung abzubrechen, in Eiswasser getaucht und dann in einem grossen Wassergefässe auf Zimmertemperatur gebracht, um innerhalb eines jeden Versuches gleiche Beobachtungstemperatur zu haben. Dann wurde die Drehung von neuem bestimmt, und aus den gewonnenen Zahlen in der angegebenen Weise die Berechnung vorgenommen.

Bevor ich aber an die Versuche heranging, musste ich mich zunächst davon überzeugen, dass nicht etwa die Salzsäure während des Versuches die eine Albumose in die andere umwandelte. Ich nahm zu dem Zweck eine Lösung, die 2,5% Protalbumose und 1 % Salzsäure enthielt, bestimmte ihre Drehung, liess sie 24 Stunden bei 40° stehen und bestimmte von neuem die Drehung. Da die einzelnen Albumosen sich auch durch

ihre Drehungskoëfficienten unterscheiden,[1]) so hätte sich die Drehung ändern müssen; dies war nicht der Fall: also war die Salzsäure in der angegebenen Concentration bei der vorliegenden Temperatur und Zeit nicht im Stande, eine Weiterverwandlung der primären Albumose in merklicher Menge herbeizuführen.

Was die benutzten Präparate anlangt, so war die Protalbumose der Versuche 1—12 ein von den Höchster Farbwerken bezogenes Präparat; sie enthielt Spuren von Heteroalbumose beigemengt. Aschengehalt 0,33%.

Die Protalbumose von Versuch 13 und 14 war ein ebensolches Präparat, enthielt aber 1,4% Asche.

Die übrigen Präparate waren nach den von Kühne und Chittenden[2]) angegebenen Methoden im hiesigen Institut dargestellt worden.

Die Heteroalbumose enthielt 0,28% Asche, das Antipepton 2% Asche.

Ich lasse die kurzen Versuchsprotokolle folgen, die ausführliche Berechnung folgt im Anhange:

Versuch 1.

4 Stunden. 40°. Beobachtungstemperatur 20°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 Salzsäure.

1. Drehung + 3,3
2. » + 0,15

$x = 3{,}15.$

Lösung B enthält in 5 ccm 0,025 HCl u. 0,25 Protalbumose.

1. Drehung + 1,3
2. » − 0,05

$x' = 1{,}35.$

Daraus berechnet sich $z = 0{,}0146$

$x = 4{,}16\ \%.$

Lösung C enthält in 5 ccm 0,0125 HCl u. 0,125 Protalbumose.

1. Drehung + 2,4
2. » + 1,6

$x' = 0{,}8.$

$z = 0{,}008$

$x = 3{,}6\ \%.$

1) Kühne u. Chittenden, a. a. O.
2) a. a. O.

Versuch 2.

Dauer 3 Std. 40°. Beobachtungstemp. 20°.

Lösung A enthält 0,05 Salzsäure in 5 ccm.

1. Drehung 3,3
2. » 0,6

$x = 2{,}7.$

Lösung B enthält 0,025 HCl u. 0,25 Protalbumose.

1. Drehung 1,6
2. » 0,6

$x' = 1{,}0.$

$z = 0{,}014$

$x = 4{,}4\ \%$.

Versuch 3.

Dauer 4 Std. Temp. 40°. Beobachtungstemp. 20°. 200 mm Röhrenlänge. Daher wurde statt 5 ccm je 7 ccm verbraucht.

Lösung A enthält 0,05 Salzsäure (= 0,357 %).

1. Drehung + 6,1
2. » + 1,5

$x = 4{,}6.$

Lösung B enthält 0,035 HCl u. 0,35 Protalbumose in 7 ccm.

1. Drehung 2,3
2. » 0,0

$x' = 2{,}3.$

$z = 0{,}0199$

$x = 4{,}31\ \%$.

Lösung C enthält 0,0425 HCl u. 0,175 Protalbumose in 7 ccm.

1. Drehung + 4,3
2. » + 0,6

$x' = 3{,}7.$

$z = 0{,}0364$

$x = 3{,}49\ \%$.

Versuch 4.

Dauer 4 Std. Temp. 40°. Aussentemp. 20°.

Lösung A enthält in 7 ccm 0,025 HCl = (0,178 %).

1. Drehung 7,7
2. » 4,5

$x = 3{,}2.$

Lösung B enthält in 7 ccm 0,035 HCl u. 0,35 Protalbumose.

1. Drehung 4,0
2. » 1,4

$x' = 2{,}6.$

$z = 0{,}0196$
$x = 4{,}4\ \%$.

Lösung C enthält in 7 ccm 0,035 HCl u. 0,35 Deuteroalbumose.

1. Drehung 4,5
2. » 2,3

$x' = 2{,}2.$

$z = 0{,}0161$
$x = 5{,}4\ \%$.

Versuch 5.

Dauer 3 Std. 60°. Beobachtungstemp. 20°.

Lösung A enthält in 7 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 7,7
2. » — 1,4

$x = 9{,}1.$

Lösung B enthält in 7 ccm 0,035 HCl u. 0,35 Protalbumose.

1. Drehung 4,05
2. » — 2,5

$x' = 6{,}55.$

$z = 0{,}0237$
$x = 3{,}23\ \%$.

Lösung C enthält in 7 ccm 0,035 HCl u. 0,35 Deuteroalbumose.

1. Drehung 4,5
2. » — 1,6

$x' = 6{,}1.$

$z = 0{,}0209$
$x = 4{,}03\ \%$.

Lösung D enthält in 7 ccm 0,035 HCl u. 0,125 Deuteroalbumose = [0,893 %.

1. Drehung 6,5
2. » — 1,3

$x' = 7{,}8.$

$z = 0{,}033$
$x = 1{,}6\ \%$.

Lösung E enthält 0,035 HCl u. 0,125 Protalbumose (0,893%).

1. Drehung 6,4
2. » — 1,5

$x' = 7{,}9.$

$z = 0{,}0341$

$x = 0{,}72\ \%.$

Versuch 6.

Dauer 4 Std. Temp. 40°. Beobachtungstemp. 21°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 3,5
2. » 0,0

$x = 3{,}5.$

Lösung B enthält in 5 ccm 0,0639 HCl u. 0,25 Deuteroalbumose.

1. Drehung 1,7
2. » — 1,8

$x' = 3{,}5.$

Da $x = x'$ ist, entfällt die weitere Rechnung.

$z = 0{,}0639$

$-\ 0{,}05$

$0{,}0139.$

$$\frac{0{,}25}{0{,}0139} = \frac{100}{x}$$

$x = 5{,}56\ \%.$

Versuch 7.

Dauer 4 Std. Temp. 40°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 3,3
2. » — 0,7

$x = 4{,}0$ (2 übereinstimmende Beobacht.)

Lösung B enthält 0,07 HCl u. 0,25 Heteroalbumose.

1. Drehung 1,6
2. » — 2,4

$x' = 4{,}0$ (2 übereinstimm. Beobacht.)

$x = x'$

$z = 0{,}07 - 0{,}05 = 0{,}02$

$$\frac{0{,}25}{0{,}02} = \frac{100}{x}$$

$x = 8\ \%.$

Versuch 8.

4 Stunden. 40°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 3,5
2. » — 0,5

x = 4,0.

Lösung B enthält in 5 ccm 0,07 HCl u. 0,25 Heteroalbumose.

2 Beobachtungen.

1. Drehung	1,8	1,8
2. »	— 2,2	— 2,3
x' =	4,0	4,1

4,05.

Auch dies stimmt innerhalb der Versuchsfehler überein. Daher

x = 8.

Versuch 9.

2 Std. 30 Min. 39°. Aussentemp. 21°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

Anfangsdrehung 3,5
Schlussdrehung + 0,8

x = 2,7.

Lösung B enthält in 5 ccm 0,1 HCl u. 0,2531 Antipepton.

1. Drehung 3,0
2. » 0,0

x' = 3,0.

z = 0,0599
x = 15,8 %.

Lösung C enthält in 5 ccm 0,1 HCl u. 0,1687 Antipepton.

1. Drehung 3,2
2. » — 0,1

x' = 3,3.

z = 0,0719
x = 16,66 %.

Versuch 10.

Dauer 4 Std. 40°. Aussentemp. 22°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 3,5
2. » — 0,5

x = 4,0.

Lösung B enthält in 5 ccm 0,05 HCl u. **0,25** Antipepton.

1. Drehung 2,7
2. » 0,9

$x' = 1{,}8.$

Daraus berechnet sich

$z = 0{,}0125$

$x = 15\ \%$.

Lösung C enthält in 5 ccm 0,05 HCl u. **0,0625** Antipepton.

1. Drehung 3,3
2. » — 0,4

$x' = 3{,}7.$

Daraus berechnet sich

$z = 0{,}0405$

$x = 15{,}2\ \%$.

Versuch 11.

Dauer 4 Std. 40°. Aussentemp. 24°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 3,35
2. » — 0,6

$x = 3{,}95.$

Lösung B enthält in 5 ccm 0,075 HCl u. **0,25** Heteroalbumose.

1. Drehung 1,65 1,65
2. » — 2,4 — 2,35

$x' = 4{,}05 - 4{,}0$

$4{,}025$

$z = 0{,}0538$

$x = 8{,}48\ \%$.

Lösung C enthält in 5 ccm 0,0725 HCl u. **0,125** Heteroalbumose.

1. Drehung 2,5
2. » — 1,7

$x' = 4{,}2.$

$z = 0{,}0669$

$x = 4{,}5\ \%$.

Versuch 12.

Dauer 2 Std. 30'. Temp. 40°. Aussentemp. 22°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 3,2
2. » — 0,15

$x = 3{,}35.$

Lösung B enthält in 5 ccm 0,09 HCl u 0,25 Antipepton.

1. Drehung 2,75
2. » — 0,6

$x' = 3{,}35.$

$x = x'$. Folglich $z = d = 0{,}05$.

$$M - z = 0{,}04$$

$$\frac{N}{M - z} = \frac{100}{x}$$

$x = 16\ \%$.

Versuch 13.

Dauer 4 Std. 40°. Aussentemp. 23°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 3,35
2. » — 0,55

$x = 3{,}90.$

Lösung B enthält in 5 ccm 0,0696 HCl u. 0,5 Protalbumose.

1. Drehung	— 0,05	— 0,05	
2. »	— 3,8	— 3,85	
$x' =$	3,75	3,8	
		3,775	

$z = 0{,}0451$

$x = 4{,}90\ \%$.

Versuch 14.

Dauer 3 Std. 40°. Aussentemp. 23°.

Lösung A enthält in 5 ccm 0,05 HCl.

1. Drehung 3,35
2. » + 0,1

$x = 3{,}25.$

Lösung B enthält in 5 ccm 0,0685 HCl u. 0,5 Protalbumose.

1. Drehung ± 0,0
2. » — 3,05

$x' = 3{,}05.$

$z = 0{,}0441$

$x = 4{,}88\ \%$

Lösung C enthält in 5 ccm 0,0685 HCl u. 0,5 Protalbumose.

1. Drehung $\pm$ 0,0
2. » $-$ 3,15

$x' = 3{,}15.$

$z = 0{,}0469$
$x = 4{,}32\ \%$.

Stelle ich zunächst nur die Ergebnisse derjenigen Versuche zusammen, die mit 2,5 procentigen Lösungen und bei 40° angestellt wurden, so zeigt sich folgendes:

Die Protalbumose vermag in Procenten ihres eigenen Gewichts an Salzsäure zu binden:

4,16 % (Versuch 1 B)
4,4 » (» 2)
4,31 » (» 3 B)
4,4 » (» 4 B)

als Mittel **4,32 %**.

Die Deuteroalbumose bindet in Procenten ihres eigenen Gewichts an Salzsäure:

5,4 % (Versuch 4 C)
5,56 » (» 6)

als Mittel **5,48 %**.

Die Heteroalbumose bindet in Procenten ihres eigenen Gewichts an Salzsäure:

8 % (Versuch 7)
8 » (» 8)
8,48 » (» 11 B)

als Mittel **8,16 %**.

Das Antipepton bindet Salzsäure:

15,8 % (Versuch 9 B)
16,66 » (» 9 C)
15 » (» 10 B)
16 » (» 12)

als Mittel **15,87 %**.

Nahm ich statt der 2,5 procentigen Lösungen solche, die auf die Hälfte verdünnt waren, so erhielt ich folgende Resultate:

Protalbumose: 3,6 % (Versuch 1 C)
3,49 » (» 3 C)
Heteroalbumose: 4,5 » (» 11 C)

und bei Verdünnung auf den vierten Theil

Antipepton: 15,2 %.

Wendete ich statt der Temperatur von 40° eine solche von 60° an, so erhielt ich für 2,5 procentige Lösungen:

Protalbumose: 3,23 %
Deuteroalbumose: 4,03 »

und für eine Lösung von 0,893 %

Protalbumose: 0,72 %
Deuteroalbumose: 1,6 » (Versuch 5).

Nahm ich im Gegentheil eine höhere Concentration, nämlich von 5 %, so erhielt ich für die

Protalbumose (Präparat II): 4,90 % (Versuch 13)
4,88 » (» 14 B)
4,32 » (» 14 C).

Es geht aus diesen Zahlen hervor, dass das Salzsäurebindungsvermögen der drei Albumosen und des Peptons deutliche und constante Unterschiede zeigt. Während bei gleicher Concentration und Temperatur die Protalbumose 4,3 % ihres Gewichtes an Salzsäure bindet, ein Werth, der dem von Sjöqvist[1]) für das maximale Bindungsvermögen des Eiweisses ermittelten von 3,65 % nicht fern steht, steigt der Werth bei den andern Albumosen schon auf 5,48 und 8,16 und beim Pepton gar auf 16 %.

Es ergibt sich aber aus den Zahlen ferner, dass diese Werthe für stärkere Verdünnungen nicht mehr gelten; bei diesen findet man vielmehr weit kleinere Werthe. Das Eiweiss wie seine nächsten Spaltungsproducte sind schwache Basen, und ihre Verbindungen mit der starken Salzsäure unterliegen in wässrigen Lösungen auch bei starker Concentration einer erheb-

1) a. a. O.

lichen Dissociation.[1]) Hoffmann[2]) macht wiederholt darauf aufmerksam, dass man sich die fraglichen Verbindungen ja nicht etwa als sehr feste vorzustellen habe; vielmehr befänden sich ihre Lösungen in einem sehr labilen Gleichgewichtszustande, der bei jeder Concentrationsänderung ein anderer werde. Ebenso hat Sjöqvist für die Salzsäure-Eiweissverbindung in wässrigen Lösungen eine sehr erhebliche Dissociation festgestellt.

Ebenso wie stärkere Verdünnung wirkt höhere Temperatur steigernd auf die Grösse der Dissociation ein; und wenn beide Factoren zusammenkommen, wie in Versuch 5D und E, so erhält man ausserordentlich geringe Werthe. Noch stärkere Verdünnungen zu untersuchen, erwies sich als unthunlich; bei den sehr kleinen Zahlen, um die es sich dabei handelt, ist die Genauigkeit der Methode nicht hinreichend, um vergleichbare Werthe zu erhalten. Bis zu den niedrigsten untersuchten Werthen ist aber der Unterschied zwischen den einzelnen Albumosen deutlich erkennbar.

Nur für das Antipepton liegen die Verhältnisse offenbar anders. Auch bei einer Verdünnung von 0,625 % (Versuch 10C) ergab sich der Werth 15,2, der nur unbedeutend unter dem Durchschnitt der für 2,5 proc. Lösungen gefundenen Werthe liegt. Das Pepton ist eine stärkere Base und dementsprechend in seinen Salzen weniger stark dissociirt als die Albumosen. In der That hat auch Sjöqvist gefunden, dass das Peptonchlorhydrat weniger dissociirt ist, als die entsprechenden Albumin- und Albumosenchlorhydrate.

Dabei ist freilich zu bedenken, dass das Pepton ein viel kleineres Molekulargewicht hat als die Albumosen; seine Lösungen sind daher thatsächlich viel concentrirter als die Albumosenlösungen von gleichem Procentgehalt; dieser Fehler, der bei allen hier in Betracht kommenden Körpern sich wiederholt, ist einstweilen nicht zu umgehen, solange ihr Molekulargewicht nicht bekannt ist, aber man muss sich stets erinnern, dass viele

1) Ostwald, Lehrbuch der allgem. Chemie. II. Aufl. Bd. 2, 1.

2) a. a. O.

Schwierigkeiten und Abweichungen vielleicht darauf beruhen, dass man Lösungen von ganz verschiedenem Gehalt vergleicht.

Will man nun die einzelnen Albumosen auf ihr Salzsäurebindungsvermögen hin vergleichen, so muss man zunächst eine bestimmte gleiche Temperatur für die Versuche wählen; dies kann aber nur die Temperatur von 37—40° sein, diejenige, bei der sich die Verbindungen im Körper bei der Magenverdauung befinden. Ich habe denn auch, mit Ausnahme von Versuch 5, alle Versuche bei dieser Temperatur angestellt. Hoffmann, der seine Bestimmungen bei 60° gemacht hat, muss dabei zu hohe Salzsäurewerthe bekommen haben. Er hat einen Theil der Salzsäure mitbestimmt, der wohl bei 60° frei war, im Magen aber an Albumosen gebunden war.

Was nun die Concentration der Lösungen anlangt, so ist diese gleichgültig, wenn man nur die einzelnen Albumosen durch ihr verschiedenes Salzsäurebindungsvermögen differenziren will; es ist aber sehr wünschenswerth, zu wissen, welches die maximalen Säurebindungswerthe sind, und ob überhaupt bei stärkeren Concentrationen als den angewandten noch eine erhebliche Steigerung stattfindet; hierbei aber bot sich die Schwierigkeit, dass dann die Lösungen nicht mehr durchsichtig genug waren, um die Drehung genau bestimmen zu können. Nur bei dem 2. Protalbumosenpräparat, in Versuch 13 und 14, war dies noch möglich. Die Werthe liegen etwas höher als bei den 2,5 procentigen Lösungen. Doch zeigen einmal die recht grossen Differenzen, dass die Genauigkeit zu wünschen übrig lässt, und dann verbietet der hohe Aschengehalt eine directe Vergleichung mit den andern Präparaten.

Ich habe daher das Salzsäurebindungsvermögen der Albumosen auch noch auf andere Weise zu bestimmen gesucht.

Paal[1]) gibt an, dass die Peptonchlorhydrate mit niederem Salzsäuregehalt, d. h. die Albumosenchlorhydrate, durch Ammoniumsulfat, ebenso wie die Albumosen selbst, ausgesalzen werden können. Wenn man nun zu einer Albumosenlösung von bekanntem Gehalt Salzsäure im Ueberschuss setzt und die

1) a. a. O.

Flüssigkeit mit Ammoniumsulfat sättigt, so fällt mit der Albumose derjenige Theil der Salzsäure aus, der an die Albumose gebunden ist. Filtrirt man von der Ausscheidung ab, so kann man im Filtrat die Salzsäure bestimmen; zieht man diese von der zugesetzten ab, so erhält man die Menge der an die Albumose gebundenen Salzsäure.

Versuch 1.

In 40 ccm Wasser werden 1 g Protalbumose und 0,1 g Salzsäure gelöst, die Lösung mit Ammoniumsulfat gesättigt, von der Ausscheidung abfiltrirt; das Filter einmal mit concentrirter Ammoniumsulfatlösung gewaschen. Das Filtrat wird mit Wasser verdünnt und dann mit Natronlauge titrirt; als Titer habe ich Rosolsäure benutzt.

Es fanden sich 0,052 NaOH. Also verschwunden 0,048 HCl = 4,8 % der Protalbumose.

Versuch 2.

In 30 ccm Wasser werden 0,75 g Protalbumose u. 0,1 HCl gelöst. Nach dem Aussalzen finden sich 0,068 HCl vor. Also verschwunden 0,032 = 4,27 % der Protalbumose.

Versuch 3.

In 40 ccm Wasser werden 1,16 g Protalbumose und 0,1 HCl gelöst. Nach dem Aussalzen finden sich 0,0452 HCl. Also verschwunden 0,0548 = 4,7 % der Protalbumose.

Versuch 4.

In 20 ccm Wasser werden 0,34 g Protalbumose und 0,08 HCl gelöst. Nach dem Aussalzen finden sich 0,065 HCl. Also verschwunden 0,015 = 4,41 % der Protalbumose.

Versuch 5.

In 40 ccm Wasser werden 1,34 g Heteroalbumose und 0,25 HCl gelöst. Nach dem Aussalzen finden sich 0,14 HCl. Also verschwunden 0,11 = 2 % der Heteroalbumose.

Versuch 6.

In 30 ccm Wasser werden 1,34 g Heteroalbumose und 0,3 HCl gelöst. Nach dem Aussalzen finden sich 0,18 HCl. Also verschwunden 0,12 = 8,9 % der Heteroalbumose.

Die Uebereinstimmung der Resultate mit den bei der Hoffmann'schen Methode gewonnenen darf als eine genügende angesehen werden. Hierbei bin ich nun bei der Protalbumose

bis zu einer Concentration von 2,9 %, bei der Heteroalbumose bis 4,47 % gestiegen. Bei der Protalbumose hat gar keine, bei der Heteroalbumose eine geringe Steigerung stattgefunden. Noch stärkere Concentrationen waren auch hierbei unthunlich, da alsdann die Aussalzung nicht völlig gelingt.[1]) Immerhin geht auch hieraus hervor, dass ein sehr viel höherer Salzsäuregehalt der Albumosenchlorhydrate auch bei stärkerer Concentration nicht zu erreichen sein wird.

Für die Deuteroalbumose, die nur unvollständig, und das Pepton, das gar nicht aussalzbar ist, findet dies Verfahren keine Anwendung.

Ferner habe ich direct zu bestimmen versucht, in welcher Weise die Magenverdauung durch Hinzufügung der verschiedenen Albumosen gehemmt wird. Die hemmende Wirkung der Albumosen und Peptone sowohl, wie verschiedener Amidosäuren auf die Magenverdauung ist von Rosenheim,[2]) F. A. Hoffmann,[3]) G. Klemperer[4]) u. Salkowski[5]) untersucht worden; die Ergebnisse sind ziemlich widersprechende; nur die hemmende Wirkung des Peptons wurde, übereinstimmend mit den oben angegebenen Zahlen, allgemein als eine sehr beträchtliche gefunden.

Ich habe mich, ebenso wie Salkowski, des löslichen Hühnereiweisses bedient; die Versuche wurden in folgender Weise angestellt:

In eine Anzahl von Reagensröhrchen kamen je 5 ccm einer Eiweisslösung von bekanntem Gehalt und 5 ccm einer ver-

1) W. Kühne, Erfahrungen über Albumosen und Peptone. Zeitschr. f. Biol. Bd. 29 S. 1.

2) T. Rosenheim, Untersuchungen über Bindung der Salzsäure nebst Beitrag zur Methodik der quantitativen Bestimmung der freien Salzsäure. Centralbl. f. klin. Med. 1891, No. 39.

3) F. A. Hoffmann, Die Bindung der Salzsäure im Magensaft. Ibid. 1891, No. 42.

4) G. Klemperer, Zur chemischen Diagnostik der Magenkrankheiten. Zeitschr. f. klin. Med. 1888, Bd. 14 S. 147.

5) Salkowski u. Dr. Muneo Kumagawa, Ueber den Begriff der freien und gebundenen Salzsäure im Magensaft. Virchow's Archiv, 1890, Bd. 122 S. 235. — Salkowski, Ueber die Bindung der Salzsäure durch Amidosäuren. Ibid. 1892, Bd. 127 S. 561.

dünnten Salzsäurelösung von verschiedener Concentration, die bei der 1. Reihe nur Salzsäure enthielt, bei den übrigen ausserdem 5% der verschiedenen Albumosen. In jedem Röhrchen waren also in den 10 ccm 1. eine bestimmte, innerhalb 1 Reihe stets gleiche Menge Eiweiss, 2. mit Ausnahme der 1. Reihe 2,5% der Albumosen, 3. Salzsäure in verschiedener Concentration. Zu jedem Röhrchen wurden dann — der Gleichmässigkeit wegen aus einer Capillare — 3 Tropfen Pepsinglycerin[1]) gesetzt und die Röhrchen ca. 13 Stunden im Wasserbade einer Temperatur von etwa 40° ausgesetzt. Nach Ablauf dieser Zeit wurde der Inhalt jedes Röhrchens mit kohlensaurem Natron neutralisirt, resp. ganz schwach alkalisch gemacht, und dann unter schwachem Ansäuern mit Essigsäure gekocht. Dabei coagulirt das gesammte unveränderte, sowie das in Syntonin verwandelte Eiweiss aus. Das Eiweiss wird auf ein Filter gebracht, mit Wasser und Alkohol gewaschen, bei 107° im Toluolofen getrocknet und gewogen. Die Differenz zwischen dem ursprünglich vorhandenen Eiweiss und dem so gefundenen gibt die Menge Eiweiss an, die unter der Einwirkung des Pepsins von der betreffenden Salzsäuremenge in nicht mehr coagulable Producte, Albumosen und Pepton, überführt worden ist. Von einer getrennten Bestimmung des unveränderten Eiweisses und des Syntonins glaubte ich absehen zu dürfen, da es sich hier nur um relative Werthe handelt und der Fehler bei den correspondirenden Versuchen in gleicher Weise eintritt.

Die Resultate sind in umstehender Tabelle zusammengestellt. Sie zeigt in der 1. Spalte den Salzsäuregehalt in Procenten, die unterste Horizontalreihe enthält die ursprünglich vorhandene Eiweissmenge.

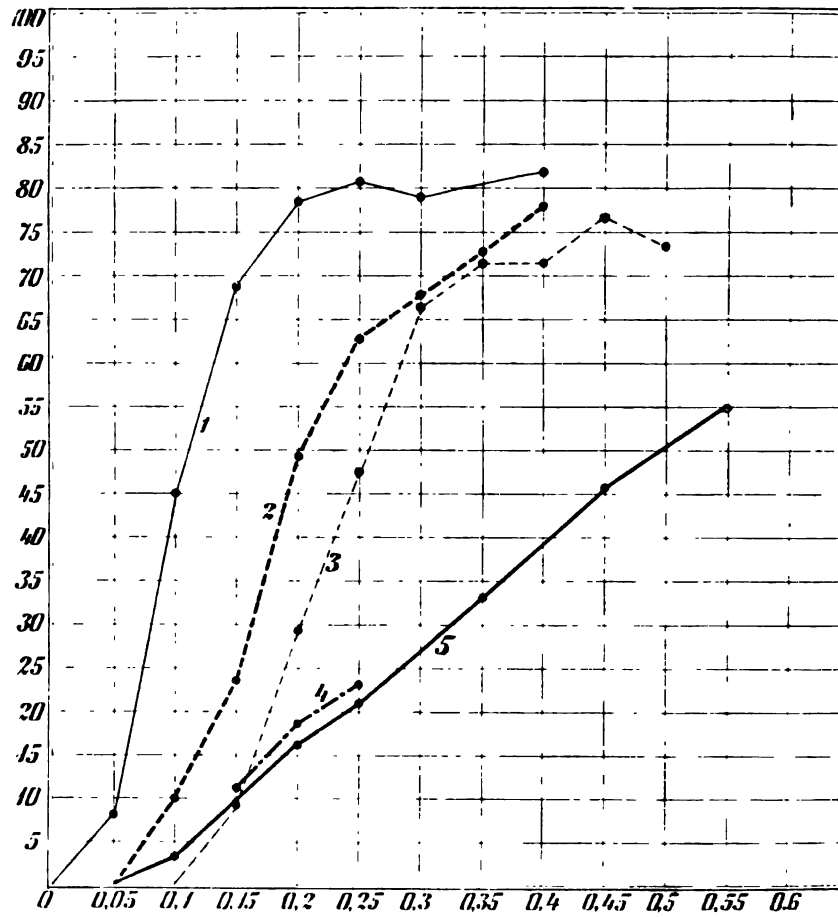
Um die Resultate übersichtlich darzustellen, habe ich sie graphisch aufgezeichnet. In der umstehenden Tafel sind auf der Abscisse die Salzsäureconcentrationen in Procenten aufgetragen; an der Ordinate ist die Menge des während der Versuchsdauer verdauten Eiweisses angegeben. Die Curven zeigen also, wie bei

1) Bezogen von Dr. G. Grübler & Co., Leipzig.

Zusammenstellung der Resultate.

	1 H Cl allein	2 %	3 H Cl allein	4 %	5 Prot-albumose	6 %	7 Prot-albumose	8 %	9 Hetero-albumose	10 %	11 Deutero-albumose	12 %	13 Anti-pepton	14 %
0,05	0,0189	8,11	—	—	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
0,1	0,0995	42,69	0,0424	49,82	0,0207	8,62	0,0098	11,52	0	0	—	—	0,0067	3,74
0,15	—[1])	77,17	0,0514	60,4	0,0548	23,51	0,0191	22,33	0,0215	9,22	0,0283	11,56	—	—
0,2	0,1819	79,0	0,0651	77,67	0,1208	51,82	0,0403	47,36	0,0672	28,83	0,0452	18,38	0,0405	16,54
0,25	0,2024	86,83	0,0719	84,49	0,1469	63,02	—	—	0,1108	47,53	0,0549	22,84	0,0530	21,66
0,3	0,2008	86,14	0,0695	81,67	0,1491	63,96	0,0606	71,21	0,1458	62,55	—	—	—	—
0,35	—	—	—	—	0,1628	69,84	0,0649	76,26	0,1692	72,59	—	—	0,0829	33,46
0,4	0,2129	91,33	—	—	0,1648	70,70	0,0723	84,96	0,1672	71,73	—	—	—	—
0,45	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1799	77,13	—	—	0,1110	45,84
0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1695	72,71	—	—	—	—
0,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1345	54,94
Eiweiss	0,2331	100	0,0851	100	0,2331	100	0,0851	100	0,2331	100	0,2448	100	0,2448	100

1) Die Bestimmung missglückte, der Procentgehalt aus einer anderen Reihe bestimmt.



wachsender Salzsäureconcentration die Menge des verdauten Eiweisses zunimmt. Curve 1 entspricht der reinen Salzsäurelösung, Curve 2 zeigt den Verlauf der Verdauung bei Gegenwart einer 2,5 proc. Protalbumoselösung; Curve 3 entspricht der Heteroalbumose, Curve 4 der Deuteroalbumose, Curve 5 dem Antipepton. Für Curve 1 und 2, für die Doppelbestimmungen vorliegen, ist aus den beiden Procentwerthen — Colonne 3 und 4 und 6 und 8 der Tabelle — das Mittel genommen. Der mittlere horizontale Abstand der Curven 2—5 von der Curve 1 gibt ein Maass für die Menge Salzsäure ab, um welche die Wirksamkeit

der Verdauungslösung durch die Albumosen geschwächt wird. Doch kann man hierbei kein zahlenmässig genaues Ergebniss erwarten; es wird ja nicht alle Salzsäure von der Albumose in Beschlag belegt, sondern die Salzsäure vertheilt sich auf das gelöste Eiweiss und die Albumose in einem bestimmten Verhältniss, ein Verhältniss, das sich fortdauernd ändert, in dem Maasse, in dem das Eiweiss in Albumosen zerfällt. Ausserdem ist das Pepsinferment vorhanden, dessen Einwirkung auf den Eiweisszerfall sich nicht zahlenmässig berechnen lässt. So können die Curven nur die Reihenfolge zeigen, in der das Säurebindungsvermögen der Albumosen zunimmt. Es zeigt sich, dass diese Reihenfolge mit den bisher gefundenen übereinstimmt; nur die Deuteroalbumose zeigt eine Abweichung, indem sie die Curve der Heteroalbumose schneidet. Sehr auffallend ist nun aber das nähere Verhalten der Curven. Während die Proto- und die Heteroalbumosencurve der für die reine Salzsäure sehr angenähert parallel laufen, zeigen die Curven der Deuteroalbumose und des Peptons ein weit weniger steiles Ansteigen, sind aber dafür untereinander nahezu parallel. Leider konnte ich wegen Mangels einer grösseren Menge hinreichend reiner Substanz die Curve der Deuteroalbumose nur auf eine kurze Strecke bestimmen. Man gewinnt den Eindruck, es sei die Salzsäure an die Proto- und Heteroalbumose einer-, die Deuteroalbumose und das Pepton andrerseits nicht nur in verschiedener Menge, sondern in anderer Weise gebunden.

Endlich habe ich die gebräuchlichen Reagentien auf freie Salzsäure an den Albumose-Salzsäureverbindungen geprüft.

Das Günzburg'sche Phloroglucin-Vanillinreagens entspricht für die Albumosen wie für das Antipepton in ziemlich vollkommener Weise den Werthen, die ich mit den anderen Methoden gefunden habe. Bis 4,5% Salzsäure für die Protalbumose fehlt die Reaction, darüber hinaus treten sofort die rothen Streifen auf; ebenso liegt die Grenze für das Pepton bei 16,2%. Nur für die Heteroalbumose erhielt ich Werthe zwischen 6 und 7. Das Günzburg'sche Reagens, das ja auch allgemein als das beste

gilt[1]), leistet daher in der That, was es soll, es gibt nur die an Pepton und Albumosen nicht gebundene Salzsäure an, diese aber auch vollständig. Mit dieser Reaction bin ich nun auch zu stärkeren Concentrationen vorgegangen. Die Protalbumose habe ich bis zu 10 proc. Lösungen untersucht, ohne eine wesentliche Aenderung bemerken zu können. Die Werthe schwankten zwischen 4,4 und 4,8 %.

Die Reaction mit Methylviolett ergab für die Protalbumose einen Werth, der nur wenig zu hoch war (4,8—5%), beim Pepton aber trat die Bläuung schon bei demselben Werthe (ca. 5) ein, gab also viel zu hohe Werthe für die freie Salzsäure an.

Das Kongopapier zeigte ebenfalls einen nicht unbeträchtlichen Theil der gebundenen Salzsäure als frei an.

Auf Grund der Resultate der Aussalzungsmethode wie der Günzburg'schen Reaction glaube ich nun sagen zu dürfen, dass die Werthe, die ich mit Hilfe der Hoffmann'schen Methode für 2,5proc. Lösungen erhalten habe, sich auch für stärkere Concentrationen nicht mehr wesentlich erhöhen dürften. Es war ja auch an sich unwahrscheinlich, dass bei so hohen Concentrationen, wie 2,5%, es selbst für die Albumosen mit ihrem enorm hohen Molekulargewicht sind, und bei ½proc. Salzsäurelösungen die Dissociation noch eine sehr bedeutende sein würde.

Was nun die von mir gefundenen Werthe anlangt, so stehen sie mit den von Sjöqvist gefundenen in guter Uebereinstimmung. Für eine Concentration von 2,5% reinem Albuminchlorhydrat berechnet sich ein Bindungswerth von 3,6%[2]); das von ihm angewendete Albumosengemisch verhält sich betreffs seines Säurebindungsvermögens zu dem Eiweiss wie 1,63 : 1[3]). Daraus berechnet sich für das Albumosengemisch der Werth von 5,87. Einen ganz ähnlichen Werth, 5,83, hat R. Herth[4]) für die

1) C. A. Ewald, Klinik d. Verdauungskrankheiten, Bd. 2 S. 24. — Mintz, Eine einfache Methode zur Bestimmung der freien Salzsäure. Wiener. klin. Wochenschr. 1889, No. 20.

2) Sjöqvist, a. a. O. Tabelle auf S. 344.

3) S. 350.

4) a. a. O.

»Hemialbumose« erhalten. Aus meinen Werthen für die 3 Albumosen (4,3, 5,5, 8,16) berechnet sich als Mittel 5,99. Ein genauerer Vergleich ist natürlich nicht möglich, da es nicht bekannt ist, in welchem Verhältnisse Sjöqvist's Präparat — »Peptonum siccum e albumine« Schuchard — die einzelnen Albumosen enthielt. Die Uebereinstimmung beider Methoden ergibt sich auch daraus, dass auch Sjöqvist, ebenso wie ich, gefunden hat, dass die Günzburg'sche Reaction »dem theoretisch neutralen Punkte ziemlich entspricht.«[1])

Es geht aus den Ergebnissen dieser Untersuchung hervor, dass sich die einzelnen Albumosen und das Pepton durch ihr Salzsäurebindungsvermögen erheblich von einander unterscheiden.

Es binden in 2,5 proc. Lösung in Procenten ihres eigenen Gewichts an Salzsäure:

die Protalbumose . . .	4,3%
» Deuteroalbumose . .	5,5 »
» Heteroalbumose . .	8,2 »
das Antipepton	16 »

Wie man sieht, stimmt diese Reihe mit den sonstigen Eigenschaften der Albumosen nicht völlig überein. Ordnet man die Albumosen nach ihrer Diffusionsgeschwindigkeit, ihrer Fällbarkeit u. s. w., so ergibt sich die Reihe[2]) Heteroalbumose, Protalbumose, die Neumeister als primäre Albumosen zusammenfasst, Deuteroalbumose, Pepton. Paal's Annahme, dass mit fortschreitend niederem Molekulargewicht der Salzsäuregehalt steige, scheint sich also nicht zu bewahrheiten; aber es steht ja freilich durchaus nicht fest, dass seine Angabe[3]), in den Peptonchlorhydraten sei je 1 Molekül Salzsäure und 1 Molekül Pepton vereinigt, sich auch auf die Albumosen erstreckt. Paal hat dies Resultat an Salzen erhalten, die 12 und 16,58% Salzsäure enthielten, die also ganz oder doch grösstentheils aus reinem Pepton bestanden. Es wäre sehr wohl denkbar, dass für die

1) a. a. O. S. 352.
2) Neumeister, Lehrbuch der physiol. Chemie, Bd. I.
2) a. a. O. S. 1849.

verschiedenen Albumosen viel complicirtere Verhältnisse herrschen. Auch Sjöqvist[1]) kommt zu dem Schlusse, dass es sehr wohl möglich sei, dass für das Albuminchlorhydrat nicht die Formel R Cl, sondern R Cl_2 oder R_2Cl_3 oder Aehnliches zu setzen sei. Das Verhalten der beiden primären Albumosen, die sich in ihren sonstigen Eigenschaften sehr nahe stehen, deren Salzsäurebindungsvermögen aber ein so sehr verschiedenes ist, und zwar umgekehrt, als es zu erwarten stand, deutet entschieden darauf hin, dass die Unterschiede des Säurebindungsvermögens nicht einfach auf dem verschiedenen Molekulargewicht der Albumosen beruhen, sondern dass sich die Albumosen in verschiedener Weise mit der Salzsäure vereinigen können, sich der Salzsäure gegenüber »mehrbasisch« verhalten. In diesem Sinne spricht auch der auffallende Parallelismus, den ich zwischen der Curve der primären Albumosen einerseits, der Deuteroalbumose und des Peptons andrerseits gefunden habe.

Einen sicheren Schluss über die Reihenfolge oder die Art und Weise, in der die einzelnen Albumosen aus dem Eiweissmolekül hervorgehen, wird man daher aus ihrem Salzsäurebindungsvermögen nicht ziehen können; vielleicht gestatten weitere Versuche mit anderen, eventuell auch mehrbasischen Säuren, hier zu einer genaueren Einsicht zu gelangen. Jedenfalls aber bietet das Salzsäurebindungsvermögen der einzelnen Albumosen ein gutes Mittel, dieselben von einander zu unterscheiden.

Zum Schlusse gestatte ich mir, Herrn Geheimrath Kühne für die Anregung zu dieser Arbeit und die fortwährende gütige Unterstützung, die er mir bei derselben zu Theil werden liess, meinen ehrerbietigsten Dank auszusprechen.

---

1) a. a. O. S. 337.

Anhang.

Berechnung der Zahlenwerthe für die polarimetrischen Versuche.

Versuch 1.

Aussentemp. 20°. Daher Coëfficient zur Berechnung von A = 0,34.

$$\frac{3{,}3 \cdot 0{,}34}{99} = \frac{132}{1{,}122}$$

A) $+\ 3{,}3$

A =	4,422	log A =	0,64562
x =	3,15	− log (A−x) =	0,10449
A−x =	1,272	C =	0,54113

B)

A =	4,422	log A =	0,64562
x′ =	1,35	− log (A−x′) =	0,48742
A−x′ =	3,072	C′ =	0,15820

$$\frac{z}{d} = \frac{C'}{C};\quad z = \frac{0{,}15820 \cdot 0{,}05}{0{,}54113} = 0{,}0146$$

$$M = 0{,}025 \qquad M - z = 0{,}0104$$

$$\frac{N}{M - z} = \frac{0{,}25}{0{,}0104} = \frac{100}{x}$$

$$x = 4{,}16$$

C)

A =	4,422	log A =	0,64562
x′ =	0,8	log (A−x′) =	0,55895
A−x′ =	3,622	C′ =	0,08667

$$\frac{z}{d} = \frac{C'}{C};\quad z = \frac{0{,}08667 \cdot 0{,}05}{0{,}54113} = 0{,}008$$

$$M = 0{,}0125 \qquad M - z = 0{,}0045$$

$$\frac{N}{M - z} = \frac{0{,}125}{0{,}0045} = \frac{100}{x}$$

$$x = 3{,}6.$$

Versuch 2.

Temp 20°. Daher Coëfficient zur Berechnung von A = 0,34.

$$\frac{3{,}3 \cdot 0{,}34}{1{,}122}$$

	3,3		
A =	4,422	log A =	0,64562
x =	2,7	— log (A—x) =	0,23603
A—x =	1,722	C =	0,40959

A =	4,422	log A =	0,64562
x' =	1,0	— log (A—x') =	0,53428
A—x' =	3,422	C' =	0,11134

$$\frac{z}{d} = \frac{C'}{C};\quad z = \frac{0{,}11134 \cdot 0{,}05}{0{,}40959} = 0{,}014$$

$$M = 0{,}025 \qquad M - z = 0{,}011$$

$$\frac{N}{M - z} = \frac{0{,}25}{0{,}11} = \frac{100}{x}$$

$$x = 4{,}4.$$

Versuch 3.

Temp. 20°. Coëfficient für A = 0,34.

A) $\frac{6{,}1 \cdot 0{,}34}{2{,}074}$

	+ 6,1		
A =	8,174	log A =	0,91243
x =	4,6	log (A—x) =	0,55315
A—x =	3,574	C =	0,35928

B)

A =	8,174	log A =	0,91243
x' =	2,3	log (A—x') =	0,76893
A—x' =	5,874	C' =	0,14350

$$z = \frac{0{,}14350 \cdot 0{,}05}{0{,}35928} = 0{,}0199$$

$$M = 0{,}035 \qquad M - z = 0{,}0151$$

$$\frac{N}{M - z} = \frac{0{,}35}{0{,}0151} = \frac{100}{x}$$

$$x = 4{,}31.$$

C) $A = 8{,}174$ $\log A = 0{,}91243$
$x' = 3{,}7$ $\log (A-x') = 0{,}65070$
$A-x' = 4{,}474$ $C' = 0{,}26173$

$$z = \frac{0{,}26173 \cdot 0{,}05}{0{,}35928} = 0{,}0364$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}175}{0{,}0061} = \frac{100}{x} \qquad M = 0{,}0425 \qquad M - z = 0{,}0061$$

$$x = 3{,}49.$$

Versuch 4.

Temp. 20°. Coëfficient für A = 0,34.

A) $\frac{7{,}7 \cdot 0{,}34}{2{,}618}$

$7{,}7$
$A = 10{,}318$ $\log A = 1{,}01360$
$x = 3{,}2$ $-\log (A-x) = 0{,}85236$
$A-x = 7{,}118$ $C = 0{,}16124$

B) $A = 10{,}318$ $\log A = 1{,}01360$
$x' = 2{,}6$ $\log (A-x') = 0{,}88750$
$A-x = 7{,}718$ $C = 0{,}12610$

$$z = \frac{0{,}1261 \cdot 0{,}025}{0{,}16124} = 0{,}0196$$

$M = 0{,}035$ $M - z = 0{,}0154$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}35}{0{,}0154} = \frac{100}{x}$$

$$x = 4{,}4.$$

C) $A = 10{,}318$ $\log A = 1{,}01360$
$x' = 2{,}2$ $\log (A-x') = 0{,}90945$
$A-x' = 8{,}118$ $C' = 0{,}10415$

$$z = \frac{0{,}10415 \cdot 0{,}025}{0{,}16124} = 0{,}0161 \qquad M = 0{,}035$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}35}{0{,}0189} = \frac{100}{x}$$

$$x = 5{,}4.$$

Versuch 5.

Temp. 20°. Coëfficient für A = 0,34.

$A = 10{,}318$ $\log A = 1{,}01360$
$x = 9{,}1$ $\log (A-x) = 0{,}08565$
$A-x = 1{,}218$ $C = 0{,}92795$

B) $A = 10{,}318$, $x' = 6{,}55$, $A-x' = 3{,}768$

$\log A = 1{,}01360$, $\log (A-x') = 0{,}57611$, $C' = 0{,}43749$

$$z = \frac{0{,}43749 \cdot 0{,}15}{0{,}92795} = 0{,}0237$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}35}{0{,}0113} = \frac{100}{x} \qquad x = 3{,}23.$$

C) $A-x' = 4{,}218$

$\log A = 1{,}01360$, $\log (A-x') = 0{,}62519$, $C' = 0{,}38849$

$$z = \frac{0{,}38849 \cdot 0{,}05}{0{,}22795} = 0{,}0209$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}35}{0{,}0141} = \frac{100}{x} \cdot x = 4{,}03.$$

D) $A-x' = 2{,}518$

$\log A = 1{,}01360$, $\log (A-x') = 0{,}40106$, $C = 0{,}61254$

$$z = \frac{0{,}61254 \cdot 0{,}05}{0{,}92795} = 0{,}033$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}125}{0{,}002} = \frac{100}{x}; \quad x = 1{,}6.$$

E) $A-x' = 2{,}418$

$\log A = 1{,}01360$, $\log (A-x') = 0{,}38346$, $C' = 0{,}63014$

$$z = \frac{0{,}63014 \cdot 0{,}05}{0{,}92795}$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}125}{0{,}0009} = \frac{100}{x} \cdot x = 0{,}72.$$

Versuch 9.

Temp. 21°. Coëfficient für $A = 0{,}335$.

$A = 4{,}539$, $A-x = 1{,}839$

$\log A = 0{,}65696$, $\log (A-x) = 0{,}26458$, $C = 0{,}39238$

B) $A-x' = 1{,}139$

$\log A = 0{,}65696$, $\log (A-x') = 0{,}18724$, $C' = 0{,}46972$

$$z = \frac{0{,}46972 \cdot 0{,}05}{0{,}39238} = 0{,}0599$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}2531}{0{,}0401} = \frac{100}{x}; \quad x = 15{,}8.$$

C) $A-x' = 1{,}239$

$\log A = 0{,}65696$
$\log (A-x') = 0{,}09307$
$C' = 0{,}56389$

$$z = \frac{0{,}56389 \cdot 0{,}05}{0{,}39238} = 0{,}0719$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}1687}{0{,}0281} = \frac{100}{x};\ x = 16{,}66.$$

Versuch 10.

Temp. 22°. Coëfficient für A = 0,33.

A) $A = 4{,}6725$
$A-x = 0{,}6725$

$\log A = 0{,}66955$
$\log (A-x) = 9{,}82769$
$C = 0{,}84186$

B) $A = 4{,}6725$
$A-x' = 2{,}8725$

$\log A = 0{,}66956$
$\log (A-x') = 0{,}45826$
$C' = 0{,}21129$

$$z = \frac{0{,}21129 \cdot 0{,}05}{0{,}84186} = 0{,}0125$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}25}{0{,}0375} = \frac{100}{x};\ x = 15.$$

C) $A-x' = 0{,}9725$

$\log A = 0{,}66955$
$\log (A-x') = 9{,}98789$
$C' = 0{,}68166$

$$z = \frac{0{,}68166 \cdot 0{,}05}{0{,}84186} = 0{,}0405$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}0625}{0{,}0095} = \frac{100}{x};\ x = 15{,}2.$$

Versuch 11.

Temp. 24°. Coëfficient für A = 0,32.

$A = 4{,}422$
$A-x = 0{,}472$

$\log A = 0{,}64562$
$\log (A-x) = 9{,}67394$
$C = 0{,}97168$

B) $A-x' = 0{,}397$

$\log A = 0{,}64562$
$\log (A-x') = 9{,}59880$
$C' = 1{,}04682$

$$z = \frac{1{,}04682 \cdot 0{,}05}{0{,}97168} = 0{,}0538$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}25}{0{,}0212} = \frac{100}{x};\ x = 8{,}48.$$

C) $A-x' = 0{,}222$ $\quad \log A = 0{,}64562$, $\log (A-x') = 9{,}34635$, $C' = 1{,}29927$

$$z = \frac{1{,}29927 \cdot 0{,}05}{0{,}97168} = 0{,}0669$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}125}{0{,}0056} = \frac{100}{x}; \quad x = 4{,}5.$$

Versuch 13.

Aussentemp. 23°. Coëfficient f. A = 0,325.

$A = 4{,}4388$, $A-x = 0{,}5388$ $\quad \log A = 0{,}64727$, $\log (A-x) = 9{,}73143$, $C = 0{,}91584$

B) $A = 4{,}4388$, $A-x' = 0{,}6638$ $\quad \log A = 0{,}64727$, $\log (A-x') = 9{,}82204$, $C' = 0{,}82523$

$$z = \frac{0{,}82523 \cdot 0{,}05}{0{,}91584} = 0{,}0451$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}5}{0{,}0696 - 0{,}0451} = \frac{100}{x}$$

$$x = 4{,}9.$$

Versuch 14.

Aussentemp. 22°. Coëfficient für A = 0,33.

A) $A = 4{,}456$, $A-x = 1{,}206$ $\quad \log A = 0{,}64895$, $\log (A-x) = 0{,}08135$, $C = 0{,}56760$

B) $A = 4{,}456$, $A-x' = 1{,}406$ $\quad \log A = 0{,}61895$, $\log (A-x') = 0{,}14799$, $C' = 0{,}50096$

$$z = \frac{0{,}50096 \cdot 0{,}05}{0{,}56760} = 0{,}0441$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}5}{0{,}0685 - 0{,}0441} = \frac{0{,}5}{0{,}0244} = \frac{100}{x}$$

$$x = 4{,}88.$$

C) $A = 4{,}456$, $A-x' = 1{,}306$ $\quad \log A = 0{,}64895$, $\log (A-x') = 0{,}11594$, $C' = 0{,}53301$

$$z = \frac{0{,}53301 \cdot 0{,}05}{0{,}56760} = 0{,}0469$$

$$\frac{N}{M-z} = \frac{0{,}5}{0{,}0685 - 0{,}0469} = \frac{0{,}5}{0{,}0216} = \frac{100}{x}$$

$$x = 4{,}32.$$

Beiträge zur Physiologie des Säuglings.

Von

Dr. **W. Camerer.**

Die Beobachtungen, welche hier mitgetheilt werden sollen, betreffen 1. ein normales, mit der Milch seiner Mutter genährtes Kind, und zwar Nahrungsmenge, Gewichtszunahme und persp. insensib. desselben; 2. ein frühgebornes, künstlich ernährtes Kind mit einem Geburtsgewicht von nur etwa 1400 g, mit Bestimmung von Menge und chemischer Zusammensetzung der Nahrung und von Gewichtszunahme. — Bis jetzt ist die Nahrungsmenge nur bei 14 Muttermilchkindern längere Zeit hindurch beobachtet worden, denen sich dieser neue Fall als 15. anreiht, die persp. insens. ist gar erst bei einem einzigen Säugling, meinem jüngsten Kind, beobachtet worden (siehe diese Zeitschrift Jahrgang 1878). Das frühgeborne Kind musste die drei ersten Wochen künstlich erwärmt werden, um sein Leben zu erhalten; ich bezweifle, ob jemals Stoffwechselvorgänge bei einem so lebensschwachen menschlichen Wesen beobachtet worden sind.

1. Das Muttermilchkind, ein Mädchen (mein erstes Enkelkind), E. Z., ist am 27. Januar 1896 Nachts 11 Uhr geboren; Vater 31, Mutter 26 Jahre alt. Gewicht 12 Stunden nach Geburt 3170 g, das Geburtsgewicht mag etwa 3250 g betragen haben, Länge 49 cm. Die zwei ersten kleinen Mahlzeiten 18 und 23 Stunden nach der Geburt konnten nicht bestimmt werden.

Die »Lebenstage« sind von einer Mitternacht zur andern gerechnet, umfassen also die richtigen 24stündigen Perioden von der Geburt an gezählt, die Körpergewichte sind morgens zwischen 8 und 9 Uhr, also ca. 8 Stunden nach Beginn des betreffenden Lebenstages ermittelt.

Tabelle I.

Ernährung ausschliesslich mit Muttermilch.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
		Lebenstag								
Gewicht des Kindes in g		3170	3140	3130	3120	3170	3200	3230	3330	3285
Persp. ins.	Gewicht in g	—	82	114	114	103	176	126	147	110
	Dauer der Beobacht. Std.	—	11	[1])	[1])	21	20	20	19	22
	Dauer der Beobacht. Min.	—	5	—	—	—	—	—	—	10
Milch	Gewicht in g	—	160	310	345	425	450	560	610	475
	Zahl der Mahlzeiten	2	6	6	7	8	9	7	9	7
	Dauer des Säugens Std.	—	2	2	2	3	3	2	3	2
	Dauer des Säugens Min.	—	35	55	5	—	15	15	20	25

		10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
		Lebenstag								
Gewicht des Kindes in g		3340	3320	3320	3410	3430	3440	3480	3520	3500
Persp. ins.	Gewicht in g	130	155	133	133	127	105	114	108	111
	Dauer der Beobacht. Std.	18	19	21	18	20	20	19	21	19
	Dauer der Beobacht. Min.	20	20	35	25	45	30	—	—	30
Milch	Gewicht in g	580	565	525	500	505	460	470	505	540
	Zahl der Mahlzeiten	9	8	8	8	8	8	8	8	8
	Dauer des Säugens Std.	2	3	3	3	3	3	3	3	2
	Dauer des Säugens Min.	55	5	10	10	20	—	—	—	40

1) Die Beobachtungszeit der persp. ins. betrug am 3. Tage 13 Stunden 45 Minuten, am 4. Tage nur 3 Stunden; es wurde für beide Tage ein Mittelwerth genommen.

		19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.
		Lebenstag								
Gewicht des Kindes in g		3560	3590	3630	3650	3750	3740	3730	3730	3760
Persp. ins.	Gewicht in g	120	153	162	149	142	144	123	127	122
	Dauer der Beobacht. Std.	20	18	16	19	18	19	18	19	18
	Dauer der Beobacht. Min.	20	—	45	30	35	10	30	50	40
Milch	Gewicht in g	500	565	545	620	585	465	545	475	645
	Zahl der Mahlzeiten	8	9	9	7	9	7	8	8	8
	Dauer des Säugens Std.	3	4	4	3	4	3	3	3	3
	Dauer des Säugens Min.	45	10	—	10	15	55	30	50	10

		28.	29.	30.	31.	32.	33.	68.	69.	70.
		Lebenstag								
Gewicht des Kindes in g		3790	3840	3860	3900	3960	4010	5190	5200	5240
Persp. ins.	Gewicht in g	104	140	152	139	132	120	225	209	178
	Dauer der Beobacht. Std.	19	20	19	21	20	13	19	17	15
	Dauer der Beobacht. Min.	40	35	35	30	—	—	13	10	30
Milch	Gewicht in g	595	545	655	540	585	690	765	805	637
	Zahl der Mahlzeiten	7	8	8	6	7	8	6	8	8
	Dauer des Säugens Std.	2	2	3	3	3	3	4	3	—
	Dauer des Säugens Min.	50	55	25	20	50	—	30	20	—

		77.	80.	81.	82.	110.	111.	112.	113.
		Lebenstag							
Gewicht des Kindes in g		5240	5560	5600	5630	6560	6550	6590	6660
Persp. ins.	Gewicht in g	204	183	213	236	194	180	242	—
	Dauer der Beobacht. Std.	14	19	17	18	20	23	21	—
	Dauer der Beobacht. Min.	40	—	30	20	23	—	20	—
Milch	Gewicht in g	700	800	795	715	800	840	830	—
	Zahl der Mahlzeiten	7	6	6	6	6	6	7	—
	Dauer des Säugens Std.	—	4	3	4	2	3	2	—
	Dauer des Säugens Min.	—	—	15	5	—	—	30	—

Am 123. Tag bekam das Kind zum ersten Mal etwas Beinahrung: Schleimsuppe und Eigelb; am 135. Tag schon ½ Eigelb in Schleimsuppe auf eine tägliche Mahlzeit; am 150. Tag 10 g feingewiegtes Fleisch, 25 g Eigelb, 5 g Mehl zu einer Suppe von ca. 100 ccm gekocht, welche es meist auf einmal verzehrte. Genau wurde Nahrung und persp. insens. am 170., 171. und 172. Tag beobachtet. Es wurde sechsmal in 24 Stunden gesäugt, mittlere 24stündige Milchmenge 650 g, dazu 113 g Suppe aus 12 g Fleisch, 24 g Eigelb, 5 g Mehl, 1 g Kochsalz und dem nöthigen Wasser bestehend. 24stündige persp. insens. 290 g.

Das Körpergewicht in diesen Tagen betrug 8020 g, es war sehr heisse Witterung und die Gewichtszunahme des Kindes ging damals langsam vor sich. Es bekam um diese Zeit die ersten zwei Schneidezähne.

Auffallend sind die Schwankungen der persp. insens. und zwar wechselt die Grösse derselben nicht sowohl von einem Tage zum andern, als vielmehr in mehrtägigen Perioden. Ich stelle Mittelwerthe für solche Perioden zusammen, sowohl bei diesem Kinde E. Z., als bei meinem eigenen, A. C.

Tabelle II.

24stündige persp. insens.

A. C.			E. Z.		
		g			g
1. Lebenstag		98	2. Lebenstag		82
2.	»	79	3.—7.	»	126
3.—6.	»	93	8.—14.	»	133
9.—12.	»	138	15.—19.	»	112
18.—21.	»	132	20.—24.	»	150
31.—33.	»	127	25.—28.	»	119
46.—69.	»	155	29.—33.	»	136
105.—113.	»	225	68.—82.	»	207
161.—163.	»	292	110.—112.	»	205
			170.—172.	»	290

Die Ursachen dieser periodischen Schwankungen kann ich nicht bestimmt nachweisen. Im Verlaufe einzelner Tage sind grosse Unterschiede beobachtet worden, 10—15 g persp. ins. in

der Stunde, wenn das Kind anhaltend schrie, 2—3 g in der Stunde, wenn es schlief, aber ich könnte nicht mit Sicherheit angeben, dass Perioden mit grossen persp. ins. zugleich auch solche mit grösserer Unruhe des Kindes waren. Wenn es auch wahrscheinlich ist, dass ein solcher Zusammenhang besteht, trat er doch nicht so deutlich hervor, dass er den beobachtenden Frauen auffiel. Die Temperatur des Zimmers, in welcher sich das Kind befand, war in den drei ersten Monaten seines Lebens ziemlich gleichmässig. — Berechnet man Nahrungszufuhr und Wachsthum für dieselben Perioden, wie in Tabelle II angegeben, so kann man keinerlei Abhängigkeit der drei Functionen von einander erkennen.

Auffallend gross sind auch die Schwankungen in den verzehrten Milchmengen, so treten namentlich vom 13.—19. Tag und vom 24.—26. Tag starke Rückschläge in der Menge der Zufuhr ein, ohne dass die Gewichtszunahme des Kindes dadurch gestört worden wäre. Es stand unserm Kind, wie den meisten Muttermilchsäuglingen, gerade in dieser Zeit eine überreichliche Milchmenge zu Gebot. Wenn dieselbe den Kindern auch keinen Schaden bringt, so ist sie für ihr Gedeihen doch nicht nothwendig. Der Ueberfluss verursachte auch bei unserm Kind, wie immer, etwas häufigere Kothentleerungen, 4—6 im Tage; später, bei grösserm Gewicht und nicht entsprechend grösserer Zufuhr hatte es nur eine Entleerung in 2—3 Tagen. So seltene Entleerungen beobachtet man auch bei kärglich ernährten Kindern in den ersten Lebenswochen. Die Schwankungen in der Milchzufuhr finden sich bei allen Säuglingen, über welche mir Aufzeichnungen zu Gebot stehen und zwar während der ganzen Dauer der Lactation. Es handelt sich um ganz unregelmässige Schwankungen und deshalb verwischt sich die Erscheinung bei Mittelziehung aus mehreren Fällen vollständig.

Zieht man nämlich aus den im Eingang erwähnten 15 Fällen (den eben beschriebenen eingeschlossen) Mittelwerthe, so erhält man folgenden Milchbedarf für den Säugling:

Tabelle III.

24stündige Zufuhr an Muttermilch.

Lebenszeit . .	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	Mitte der 2. Woche	Ende der 2. Woche
Milchmenge in g	20	97	211	326	364	402	478	490	520
Zahl der beobachteten Fälle	9	10	11						

Lebenszeit . . .	Mitte der 4. W.	Mitte der 7. W.	Ende der 10 W.	Mitte der 14. W.	Mitte der 17. W.	Ende der 20. W.
Milchmenge in g .	600	770	800	830	850	890
Mittler. Körpergew. in kg	3,66	4,38	5,01	5,60	6,06	6,64
Milch auf 1 kg Körpergewicht . . .	160	180	160	150	140	130
Zahl der beobachteten Fälle . .	15	14		10		9

Die Mittelgewichte der 11 Kinder, welche zum ersten Theil der Tabelle beigetragen haben, sind: Geburtsgewicht 3200 g; 6. Lebenstag 3090 g; 14. Tag 3240 g; das Geburtsgewicht aller 15 in Betracht kommenden Kinder ist im Mittel 3280 g.

Die Beobachtungen, meist an Kindern von Aerzten angestellt, sind nicht nur spärlich, sondern auch recht unvollständig. Nur 11 von den 15 Kindern sind wenigstens vom 3. Lebenstag an beobachtet, ein volles Drittel scheidet schon am Ende der 10. Lebenswoche aus der Beobachtung aus. Trotzdem scheint die Milchzufuhr schon jetzt ziemlich sicher festgestellt zu sein. Bei meiner ersten Zusammenstellung wenigstens, bei welcher für die ersten 14 Tage nur 6 Fälle, von der 4. bis zur 10. Woche 10 Fälle, von der 10.—20. Woche nur 6 Fälle zu Gebote standen (siehe mein Buch »Stoffwechsel des Kindes«) erhielt ich bis zur 4. Woche Zahlen, welche ein wenig kleiner waren als die jetzigen, von der 7. Woche an sind die Zahlen vollkommen dieselben wie jetzt; erhebliche Aenderungen sind also wohl auch in Zukunft nicht mehr zu erwarten.

Auffallend ist, dass die Säuglinge in geburtshülflichen Anstalten so viel weniger Muttermilch trinken, als die oben erwähnten Familienkinder. Es lauten nämlich die Angaben aus zwei Kliniken (Bonn und Würzburg) im Mittel wie folgt:

Lebenstage . . .	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Tag									
Mittlere 24stündige Milchmenge in g	5	103	199	248	284	307	320	325	373	399
Zahl der beobacht. Fälle	16		22						16	

Das mittlere Geburtsgewicht der Kinder aus den Kliniken war 3230 g.

Da nun auch die chemische Zusammensetzung der Frauenmilch ziemlich sicher ermittelt ist, lässt sich die mittlere Zufuhr des Säuglings an den einzelnen Nahrungsstoffen annähernd berechnen wie folgt:

Tabelle IV.

Zufuhr an Nahrungsstoffen.

	3.	14.	4.	7.	10.	14.	17.	20.
	Tag		Woche					
Eiweiss	4,2	8,3	7,1	9,2	8,0	8,3	8,5	7,9
Fett	6,3	16,1	23,2	29,8	23,9	24,8	25,4	25,9
Milchzucker	11,5	32,8	37,6	48,2	54,2	56,2	57,5	60,7
Unbekannte Stoffe (Kohlehydrate?)	2,0	4,7	3,5	4,5	3,4	3,6	3,6	2,5
Asche	0,7	1,4	1,3	1,7	1,6	1,7	1,7	1,6
Summe	24,7	63,3	72,7	93,4	91,1	94,6	96,7	98,7

2. Das frühgeborne erste Kind meines Mitarbeiters bei Untersuchung der Frauenmilch, Dr. Söldner's, welcher mir seine Beobachtungen zur Verfügung stellte, ist am 1. Mai 1889 geboren und wog am 3. Mai 1330 g. Es wurde mit Präparaten der Fabrik von E. Löflund ernährt (deren Chemiker Söldner ist) und zwar bekam es bis zur 28. Lebenswoche ausschliesslich »peptonisirte Kindermilch«; von da bis zur 32. Woche Beinahrung in

Form eines Breies von Wasser und »Zwiebackmehl«. Von der 32.—36. Woche dazu noch etwas Kuhmilch. Von der 36. bis 41. Woche bekam es peptonisirte und gewöhnliche Kuhmilch; von der 42.—45. Woche »Kindernahrung« und »condensirte Kuhmilch ohne Zucker«, später wieder peptonisirte Kuhmilch und Zwiebackmehl. Von der 57. Woche an täglich ein Eigelb, von der 70. Woche an hauptsächlich Kuhmilch. Die Präparate der Fabrik, von Söldner häufig analysirt, sind ihrer Zusammensetzung nach wohl bekannt und constant, Kuhmilch und Eigelb wurden nach den üblichen Mittelzahlen geschätzt. Zugabe von Wasser zum Verdünnen der Nahrungsmittel war meist nothwendig. Die 24stündige Nahrungszufuhr war während der einzelnen Perioden der folgenden Tabelle V von annähernd gleicher Grösse; nur selten traten Verdauungsstörungen ein, so dass 1—2 Tage mit sehr kleiner Nahrungszufuhr eingeschaltet werden mussten; so wurden z. B. am 28. und 32. Lebenstag je nur 12 g peptonisirte Kuhmilch (mit dem nöthigen Wasser) verabreicht, während man im Allgemeinen um diese Zeit 40—45 g Milch in 24 Stunden verbrauchte. — Die Nahrung wurde nach Soxhlet sterilisirt.

Tabelle V.

Das frühgeborne Kind.

(Werthe in Gramm.)

Lebenszeit	1.—3.	4.	5.	6.	7.—10.	11.—14.	15.—18.	19.—22.
	Woche							
24stünd. Zufuhr	90	235	280	436	687	961	1139	979
» Wasser	82,5	214	255	396	636	891	1056	900
» Trockensubstanz	7,5	21	25	40	51	69	83	79
» Eiweiss	1,1	3,1	3,5	5,9	7,6	10,2	12,2	11,6
» Fett	1,0	2,8	3,4	5,3	6,8	9,2	11,1	10,8
» Kohlehydrat	5,1	14,2	17,0	27,0	34,4	46,7	56,1	53,2
» Asche	0,3	0,9	1,1	1,8	2,2	2,9	3,6	3,4
Kindsgewicht am Ende der Periode	1340	1400	1450	1500	2060	2670	3180	3760
Mittl. tägl. Wachsthum während der Periode	0,5	8,5	7,1	7,1	2,0	21,8	18,2	20,7
100 g Zufuhr enthielten Trockensubstanz	8,4	9,0	9,0	9,1	7,4	7,2	7,3	8,1

Lebenszeit . . .	23.—26.	27.—30.	31.—34.	35.—38.	39.—42.	43.—46.	47.—50.
	Woche						
24 stünd. Zufuhr . .	1050	977	945	967	1107	983	894
» Wasser . .	952	862	817	844	990	868	766
» Trocken-substanz .	98	115	128	123	117	115	128
» Eiweiss .	14,2	16	18	26	25	22	22
» Fett . . .	12,7	14	14	27	26	22	21
» Kohlehyd.	64,9	80	90	63	62	66	79
» Asche . .	4,2	5	6	7	4	5	6
Kindsgew. am Ende der Periode . . .	4070	4520	4920	5230	5330	5420	5370
Mittl. tägl. Wachsth. währ. der Periode	11,1	16,1	14,3	11,1	3,6	3,2	−1,8
100 Zufuhr enthielt. Trockensubstanz .	9,3	12,0	13,6	12,7	10,5	11,7	14,6

Lebenszeit . . .	51.—52.	53.—56.	57.—60.	61.—64.	65.—68.	69.—72.	73.—75.
	Woche						
24 stünd. Zufuhr . .	887	909	915	917	917	867	1137
» Wasser .	755	774	766	759	759	736	1003
» Trocken-substanz .	132	135	149	158	158	131	134
» Eiweiss .	18	19	22	23	23	23	31
» Fett . . .	19	21	22	22	22	23	32
» Kohlehyd.	89	89	98	106	106	79	64
» Asche . .	6	6	7	7	7	6	7
Kindsgew. am Ende der Periode . . .	5470	5620	5710	5950	5910	6400	6700
Mittl. tägl. Wachsth. währ. der Periode	7,1	5,4	3,2	8,6	−1,4	17,5	14,3
100 Zufuhr enthielt. Trockensubstanz	14,8	14,8	16,4	17,2	17,2	15,5	11,8

Anmerkung zur Tabelle: Etwa von der 35. Woche an litt das Kind an Rhachitis. In der 50. Woche bekam es zwei untere Schneidezähne. Nach 23 Monaten konnte es allein sitzen, es war damals 7,2 kg schwer. Nach 32 Monaten begann es zu gehen. Mit 45 Monaten wog es 15,1 kg. Gegenwärtig (7 Jahre 3 Monate alt) hat das Kind eine Länge von 119 cm (eher über der Norm) und ein Gewicht von 21,7 kg. Die jüngere, 6 Jahre alte Schwester dagegen hat ein Gewicht von 22,2 kg bei einer Länge von 114 cm.

Berechnet man nach den Angaben Rubner's die Ausgaben an Energie für das frühgeborne und für das normale Muttermilchkind — bei ersterem rechne ich für Koth und Anwuchs 10% der Calorien ab, bei letzterem von der 2. bis zur 7. Woche für Koth 5%, in den übrigen Zeiten 3% und für 10 g Anwuchs 20 Calorien — so kommt man zu folgenden Werthen:

Tabelle VI.

Ausgabe an Calorien.

Das frühgeborne Kind.

Lebenszeit	1.-3.	5.	8.	18.	22.	30.	34.	56.	68.	75.
	Woche									
Körpergewicht in kg	1,3	1,4	2,1	3,2	3,8	4,5	4,9	5,6	5,9	6,7
Körperoberfläche in qdm nach Vierordt-Meeh	14,2	14,9	19,6	26,0	29,1	32,6	34,5	37,7	39,1	42,4
24stünd. Abgabe v. Calorien	334	95	198	340	326	460	510	565	650	610

Das normale Muttermilchkind.

Lebenszeit	3.	14.	4.	7.	10.	14.	17.	20.
	Lebenstag		Woche					
Körpergewicht in kg	3,0	3,2	3,7	4,4	5,0	5,6	6,1	6,6
Körperoberfläche in qdm nach Vierordt-Meeh	24,9	26	28,6	32,2	35,0	37,7	39,9	42,1
24stünd. Abgabe v. Calorien	125	258	330	440	420	440	460	470

Auf 1 qm Körperoberfläche kommen 24stünd. Calorien.
(Lebenszeiten wie oben).

Das Frühgeborne	230	640	1010	1310	1120	1410	1480	1500	1660	1440
Das Normalkind			500	1000	1150	1370	1200	1170	1150	1120

Es ist also auch das sorgfältig und unter schwierigen Umständen mit Erfolg künstlich ernährte Kind Söldner's dem Schicksal nicht entgangen, zu gewissen Zeiten überfüttert zu werden; auch bei ihm war die Zufuhr an Fett zu gering, die Zufuhr an Kohlehydraten und namentlich an Eiweiss viel zu gross.

Die Ueberfütterung der künstlich ernährten Säuglinge ist eine so auffallende Erscheinung, dass sie schon längst die Aufmerksamkeit der Kindsphysiologen und Kinderärzte auf sich gezogen hat; die der letzteren um so mehr, als sie häufig zu schweren Erkrankungen der Säuglinge Veranlassung gibt. Wie bei dem von Voit und Pettenkofer mit Fleisch überfütterten Hund (siehe Gesammtstoffwechsel von C. v. Voit im Handbuch der Physiologie von Hermann, Bd. 6, erster Theil Seite 116), so scheint bei dem Säugling die Vermehrung der Zufuhr neben einer entsprechenden, aber für den Gesammtstoffwechsel kaum in Betracht kommenden, Vermehrung des Kothes lediglich zu vermehrter Zersetzung der im Uebermaasse resorbirten Substanz zu führen. Denn der Anwuchs solcher überfütterten Kinder ist in den meisten Fällen eher kleiner, als der mit Muttermilch weit spärlicher genährten Kinder.

Es hat nicht an allerlei zum Theil abenteuerlichen Erklärungsversuchen dieser Erscheinung gefehlt. Viele konnten sich nicht von der Meinung losmachen, dass die überschüssig zugeführte Substanz doch durch den Koth entfernt werde. Sie wiesen darauf hin, dass eine vermehrte Zersetzung von Substanz bei solchen Kindern mindestens nicht nachgewiesen sei, da ihre 24stündige Kohlensäureausscheidung nicht beobachtet worden sei. Prüft man die Verhältnisse im vorliegenden Fall, in welchem die Ueberfütterung keineswegs extrem war, so zeigt sich, dass das künstlich ernährte Kind von der 30. Lebenswoche an 120 bis 150 g organische Trockensubstanz in 24 Stunden zugeführt hat, während das gleich schwere Muttermilchkind nur 90 bis 95 g zuführt, wobei letzteres einen erheblich grössern täglichen Anwuchs hat, als unser künstlich ernährtes Kind. Letzteres hätte 30 bis 60 g Trockensubstanz, darunter nur wenige Gramm Asche, täglich durch den Koth entleeren müssen, wenn es nur so viel Trockensubstanz resorbirt hätte, wie das Muttermilchkind; seine 24stündige Kothmenge hätte gegen 200 g betragen müssen. In Wirklichkeit wird sie aber in der 30. Woche und später täglich höchstens 50 g betragen haben. Angesichts solcher Befunde haben Einige gemeint, der Ueberschuss werde

vielleicht in Form von Darmgasen entleert. Deren Volumen im Tag müsste dann freilich viele Liter betragen.

Man hat daran festzuhalten, dass ein künstlich ernährtes Kind, so lange es nicht an Durchfall leidet, mindestens 90% der zugeführten Trockensubstanz resorbirt und muss allerdings die Frage aufwerfen, was aus der im Uebermaasse resorbirten Substanz wird. In früheren Zeiten blieben, wie oben erwähnt, künstlich ernährte Kinder im Gewichte während des ersten Halbjahres erheblich (im Mittel etwa um 700 g) hinter Muttermilchkindern zurück und man war froh, wenn sie am Ende des ersten Lebensjahres das Durchschnittsgewicht von Muttermilchkindern (gegen 10 kg) erreicht hatten. Heutzutage, bei grösserer Zweckmässigkeit der künstlichen Ernährung, kommt es nicht selten vor, dass künstlich ernährte Kinder gemästet werden. Ich gebe von dem mir vorliegenden Material ein Beispiel und füge zum Vergleich die Mittelgewichte von 24 Muttermilchkindern — Knaben, sowie das künstlich Ernährte — bei:

	Geburts-gewicht	8.	16.	24.	32.	52.
		Woche				
Künstlich ernährter Knabe .	3000	4800	6700	8300	9500	11700
Mittelgewicht von Knaben bei Muttermilch	3500	5100	6600	7700	8500	10400

Das künstlich ernährte Kind ist in der 52. Woche um 1300 g schwerer als das Muttermilchkind. Dieses Mehrgewicht wurde in dem langen Zeitraum von der 16. Woche bis zur 52. allmählich erlangt, zu einer Zeit also, in welcher viele der Muttermilchkinder ganz oder theilweise entwöhnt waren. Jedenfalls kommt der stärkere Anwuchs des künstlich Ernährten für eine 24stündige Periode nicht in Betracht, denn für eine solche beträgt er im Mittel nur 5 g, einer Trockensubstanz von 1 bis 2 g entsprechend.

Es müssen also von dem künstlich Ernährten bedeutend grössere Mengen Trockensubstanz nicht nur resorbirt, sondern auch oxydirt werden als vom Muttermilchkinde, und es muss

nicht nur Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe, sondern auch Wärmestrahlung und Abgabe von Wassergas bei ersterem erheblich grösser sein als bei letzterem. Denn abgesehen von Leistung äusserer Arbeit kann die freigewordene Energie nur durch Wärmestrahlung und Wasservergasung aus dem Körper entfernt werden.

Schliesslich ist zu erwägen, ob der Mehrverbrauch an Energie nur dazu dient, den Körper des künstlich Ernährten übermässig zu heizen, oder ob sich nicht doch Leistungen des Körpers aufweisen lassen, an welche dieser Mehrverbrauch geknüpft ist. Selbstverständlich muss die Verdauungsarbeit des künstlich Ernährten weit grösser als die des Muttermilchkindes sein. Es kommen nicht nur die grösseren Massen in Betracht, welche von ersterem zu bewältigen sind, mit grösserer Produktion von Verdauungssäften, vermehrter Peristaltik, entsprechend vermehrter Herz- und Respirationsarbeit, sondern auch der Umstand, dass beim künstlich Ernährten Eiweiss und Kohlehydrate, beim Muttermilchkinde Fett in grosser Menge zu verdauen war. Bekanntlich ist aber die Verdauungsarbeit für erstere Stoffe weit grösser als für letztere. Endlich kommt in Betracht, dass nach den Untersuchungen von Rubner (»Biologische Gesetze«, Marburg 1887) und Andern die Verdauungsarbeit erst bei Ueberfütterung für die Energiebilanz des Körpers von Bedeutung wird, nicht aber bei mässiger Nahrungszufuhr.

Dass künstlich Ernährte unruhiger sind als Muttermilchkinder, ist längst bekannt. Ich habe neulich Gelegenheit zu eingehender Beobachtung eines künstlich ernährten Kindes gehabt und war über den Grad von Unruhe und über den Einfluss derselben auf den Gewichtszuwachs des Kindes überrascht.

Muttermilchkinder pflegen in den ersten Lebenswochen ausser der Zeit des Säugens zu schlafen und auch später bringen sie einen grossen Theil ihrer Zeit schlafend, oder doch ruhig liegend zu. Das künstlich ernährte Kind, auch wenn es gesund ist, wacht viel mehr, schreit viel mehr und ist viel unruhiger. Offenbar wird es, wenn auch nicht gerade Verdauungsstörung und Durchfall eintreten, durch die vermehrte Peristaltik, die häufigere

Entleerung von Darmgasen, Koth und Urin, öfters wohl auch durch leichte Kolikschmerzen erheblich behelligt und reagirt auf die abnormen Eindrücke in der beschriebenen Weise. Auf unruhige Tage und Nächte pflegte in dem von mir beobachteten Falle keine Gewichtsvermehrung, wenn nicht gar Gewichtsabnahme zu folgen. — Es sind also die wohlbekannten Momente: mechanische Arbeit und Verdauungsarbeit, welche beim künstlich Ernährten den Mehrverbrauch an organischer Substanz vermitteln und mit dieser Erkenntnis verliert die zunächst so auffallende Erscheinung alles Räthselhafte.

Analysen der Frauenmilch, Kuhmilch und Stutenmilch.

Von

Dr. **Camerer** (Urach) und Dr. **Söldner** (Stuttgart).

I. Vorbemerkungen.

Wir sind nunmehr in der Lage, über die Fortsetzung unserer Milchstudien zu berichten, deren erster Theil in dieser Zeitschrift, Jahrgang 1896 S. 43 ff. veröffentlicht worden ist. Wir beziehen uns, was den Antheil der beiden Autoren an der Arbeit und was die analytischen Methoden betrifft, im Allgemeinen auf diese frühere Mittheilung, doch ist hier als neu Folgendes zu erwähnen:

1. Die Fettbestimmungen sind diesmal ausschliesslich nach der Methode von Adams gemacht.

2. Sämmtliche Stickstoffbestimmungen wurden diesmal in folgender Weise ausgeführt: Es wurde zunächst der gesammte N einer abgewogenen Probe flüssiger Milch nach Kjeldahl bestimmt, in den folgenden Tabellen mit GN bezeichnet. Ferner wurde eine Milchprobe mit Alméns cher Lösung (Gerbsäure-Essigsäure) gefällt und in dem Filtrate der N sowohl nach Kjeldahl, als nach Hüfner, mit unterbromigsaurem Natron bestimmt; der erstere als FN, der letztere als HN bezeichnet.

Man verfuhr bei der Gerbsäurefällung gewöhnlich wie folgt: 100 g Milch wurden in einem 500 ccm haltenden Kolben mit 2 bis 3 g Kochsalz und 100 ccm Alméns cher Lösung versetzt; es wurde auf 500 ccm aufgefüllt, nach ca. 2stündigem

Stehen abfiltrirt, das Filtrat gemessen und auf 50 ccm eingedampft. Einmal wurde einem Theil des Filtrates vor dem Eindampfen etwas Oxalsäure zugesetzt, einem andern Theil nicht. FN und HN wurden in beiden Proben gleich gross gefunden. Einmal wurde ein Theil des eingedampften Filtrates unmittelbar vor der Bestimmung von HN mit einer Lösung von NaHO alkalisch gemacht, man erhielt etwas weniger HN als aus der nicht alkalisch gemachten Probe — ohne Zweifel Verlust an Ammoniak, denn das eingedampfte Filtrat ist verhältnismässig reich an Ammoniak. Es wurden zwei Versuche nach Schlösing zur Bestimmung des Ammoniaks vorgenommen, man erhielt bei einer Frauenmilch 50%, bei einer Stutenmilch 10% des gesammten HN in Form von N aus Ammoniak. Die Milch ist bekanntlich harnstoffhaltig und es hängt von der Dauer des Eindampfens ab, wie viel des Harnstoffs sich zersetzt und Ammoniak liefert.

Bei Milch Nr. 34 wurden vier Proben mit Almén'scher Lösung gefällt, in folgender Weise:

1. 50 g Milch mit etwas Kochsalz und 50 ccm Gerbsäurelösung wurden auf 250 ccm aufgefüllt.

2. 10 g Milch mit entsprechender Kochsalzmenge und 10 g Almén'scher Lösung auf 100 ccm aufgefüllt.

3. 10 g Milch mit derselben Kochsalzmenge und 20 ccm der Lösung auf 100 ccm aufgefüllt.

4. 10 g Milch ohne Kochsalzzusatz behandelt wie Nr. 2.

Der Ngehalt, auf 100 g Milch berechnet, wurde gefunden wie folgt:

Nr. 1.	22,1 mgr	Nr. 3.	22,0 mgr
Nr. 2.	21,8 „	Nr. 4,	22,0 „

GN hatte bei dieser Milch (Nr. 34) 0,136% betragen.[1]) Bei derselben wurde auch eine Fällung mit Kupfersulfat nach der Methode Ritthausen-Pfeiffer gemacht, man erhielt im

1) Milch No. 34 kam mit Wasser verdünnt zur Bearbeitung. In Tab. I sind die Werthe auf 100 g unverdünnte Milch umgerechnet, man findet deshalb in der Tabelle GN zu 0,193% angegeben. — Almén'sche Lösung wurde öfters auf N-Gehalt untersucht. Derselbe betrug kaum 1 mg in 100 ccm.

Kupferniederschlag 0,117 N; im Filtrat 0,025 N, zusammen also 0,142 N, alles auf 100 g Milch bezogen.

Auch bei einer früher untersuchten Frauenmilch fand man im Filtrat des Gerbsäureniederschlages weniger N als im Filtrat des Kupferniederschlages. Bei Milch Nr. 4 war GN = 0,235%.

N im Kupferniederschlag	0,190
N im Filtrat der Kupferfällung . .	0,049
Summe	0,239

N im Gerbsäureniederschlag . . .	0,225
N im Filtrat dieser Fällung . . .	0,014
Summe	0,239

Eine so geringe Menge FN, wie bei dieser Milch, wurde bei keiner andern beobachtet, an der Richtigkeit der Analyse ist aber nicht zu zweifeln, da alle 5 N bestimmungen selbständig gemacht wurden und sich gegenseitig controlliren (GN ist überdiess Mittel aus drei N bestimmungen). Auch bei Kuhcolostrum fand sich im Gerbsäurefiltrat etwas weniger N, als im Filtrat bei Kupferfällung (0,057 gegen 0,061, siehe unsere frühere Arbeit S. 65). Munk gibt an, dass bei Frauenmilch (6—7 Monate p. p.) durch Gerbsäure- und Kupferfällung gleich viel N niedergeschlagen werde.

Zu dem Hüfnerversuche wurde ein Apparat verwendet, dessen Gefäss 8,081 ccm fasst. Lauge und Berechnung war, wie von Hüfner angegeben. Das Gefäss ist also etwas grösser, als von Hüfner für Urin vorgeschrieben ist (etwa 5 ccm), es wurde trotzdem benützt, weil es sich um sehr kleine Gasmengen handelte. Die Entwicklung des Gases geschah in allen Fällen rasch und war in ca. 10 Minuten vollendet, ein Zeichen, dass der N in der Hauptsache aus Harnstoff und Ammoniak stammte. Von anderen Substanzen, welche etwa in Betracht kommen könnten, liefert nur Kreatin einen Theil seines N (ca. 66%) rasch, alle andern dagegen entwickeln einen Theil ihres N nur bei sehr langer Einwirkung der Bromlauge.

3. Bei der gewichtsanalytischen Methode, welche von Soxhlet für die Lactose der Kuhmilch angegeben wird,

berechnet man aus der Menge des gewogenen Kupfers Lactosehydrat, in der Voraussetzung natürlich, dass auch die »Trockensubstanz« das Hydrat der Lactose enthalte. So haben auch wir in unserer ersten Publikation gerechnet. ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$, Molekulargewicht = 360. Das Molekulargewicht des Anhydrits ist also um $H_2O = 18$, d. h. um 5% des Lactosehydrates kleiner!)

Nun hat Söldner, als unsere Untersuchung beinahe beendet war, eine bisher wenig beachtete Angabe Schmöger's gefunden, wonach letzterer eine Modifikation der Lactose, von ihm γ-Lactose genannt, erhielt, wenn er gewöhnliche Lactose in Wasser löste und die Lösung unter beständigem Umrühren im Wasserbad eindampfte. γ-Lactose ist ein Anhydrit, welches im Gegensatz zu dem durch Entwässern bei 130° erhaltenen Präparate nicht hygroskopisch sei. In den »Berliner Berichten« XIII (1880) S. 1916 sagt Schmöger in einer Fussnote: »Dies Verhalten des Milchzuckers ist auch von Interesse für die Trockenbestimmung der Milch. Bei allen analytischen Bestimmungen des Milchzuckers wird derselbe als wasserhaltig gedacht und als solcher in Rechnung gebracht. Nach dem oben Mitgetheilten ist es aber wahrscheinlich, dass auch beim Eindampfen der Milch der Zucker ein Molekül Wasser verliert und infolge dessen die Trockensubstanzbestimmung um ca. 2% zu niedrig ausfällt». Auch ein neuerer Autor hat sich mit dieser Frage beschäftigt, freilich ohne sie zur Lösung zu bringen. Herz citirt in der »gerichtlichen Untersuchung der Kuhmilch, sowie deren Beurtheilung« Köln 1890 S. 41 aus Dammer, Lexikon S. 588 nach Fleischmann: »führt man in einer und derselben Milchprobe zwei Trockensubstanzbestimmungen aus, so kann es bei aller Sorgfalt vorkommen, dass dieselben bis auf $\pm$ 0,15% von einander abweichen, ein Umstand, welcher hauptsächlich durch das merkwürdige Verhalten des Milchzuckers beim Eintrocknen seiner Lösungen veranlasst wird«. Herz berichtet am angeführten Orte, S. 45, dass er versucht habe, die Trockensubstanz der Milch im Exsiccator über Chlorcalcium zu bestimmen, um die zersetzenden Einflüsse des Trocknens im Wasserbad und in

der hohen Trockenschranktemperatur zu vermeiden. (Seine Versuche, die Trockensubstanz im Vacuum zu ermitteln, scheiterten an der Unbequemlichkeit des Verfahrens). Er brachte zwei Milchproben von je 1 ccm (a und b) und eine Milchprobe von 0,5 ccm (c) in den mit frischem Chlorcalcium gefüllten Exsiccator und erhielt folgende Mengen Trockensubstanz:

	Nach 3 Wochen	Nach 5 Monaten
	%	%
a	9,67	9,45
b	9,70	9,41
c	9,73	9,41
Mittel	9,70	9,42

Bei der gewöhnlichen Bestimmung der Trockensubstanz (Trocknung mit Sand) erhielt er im Mittel von zwei Bestimmungen 9,43%. Ob aber die Trockensubstanz mit 9,43% Lactoseanhydrit oder Lactosehydrat enthielt, ist aus diesem Versuche von Herz nicht zu ersehen.

Söldner hat nun zur Aufklärung dieser für die Milchanalyse so wichtigen Frage folgende Versuche angestellt:

1. 3,206 g lufttrockenes Lactosehydrat wurde im Wasser gelöst und sodann wie Milch getrocknet, also im Wägegläschen zuerst im Wasserbad und schliesslich im Vacuumschrank bei 98°. Nach 7 stündigem Trocknen im Vakuumschrank war das Gewicht 3,057, ebenso nach 15. und 24 Stunden; das Lactosehydrat hatte also 4,64% seines Anfangsgewichtes verloren.

Der lufttrockene Zucker, bei 95° getrocknet, hatte nach 8 Stunden 0,07% Wasser abgegeben.

2. 30 ccm Kuhmilch, 14 g Lactosehydrat wurden mit Wasser auf 200 ccm Lösung gebracht. Die Trockensubstanz des Gemisches in der üblichen Weise ermittelt (Vacuumschrank u. 98°) war 9,807%. Die Lactose nach Soxhlet war 8,08%. Eine weitere Probe der Lösung wurde im Wasserbad auf ca. 1/3 eingedampft und bei Zimmertemperatur im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet. Man erhielt nach 55 Stunden 10,239% Trocken-

substanz. 10,239 — 9,807 = 0,432 ist nahezu 5% des ermittelten Lactosehydrates.

3. 1,006 Lactosehydrat und 0,1075 Caseïn wurden mit 0,0017 g Na HO in Wasser gelöst und im Wägegläschen bei 98° getrocknet. Der Gewichtsverlust betrug 0,042 g. Dieselbe Menge Caseïn mit derselben Menge Aetznatron in Wasser gelöst hatte beim Trocknen einen Gewichtsverlust von 0,0067 g erlitten. 0,042 — 0,0067 = 0,035 g war also der Gewichtsverlust der Lactose.

Nach diesen Vorversuchen wurde bei den noch folgenden Milchanalysen die Trockensubstanz auf zweierlei Weise ermittelt:

1. Wie bisher durch Eindampfen im Wasserbad und Trocknen im Vacuumschrank bei 98°.

2. Im Vacuum über Schwefelsäure bei Zimmertemperatur. Gewichtsconstanz wurde bei dieser Methode nach 84 bis 144 Stunden erreicht.

Die Resultate sind folgende:

Nummer der untersuchten Milch		39	40 [1]	41	42 [1]	43	51"	51"a
100 g Milch enthalten	Lactosehydrat nach Soxhlet	7,38	4,24	7,08	6,36	7,47	6,60	6,60
	Trockensubstanz Zimmertemperat.	11,35	6,93	12,02	10,65	10,82	10,28	10,20
	Trockensubst. 98°	10,98	6,70	11,68	10,39	10,52	9,93	9,93
Differenz beider Trockensubstanzen		0,37	0,23	0,34	0,26	0,30	0,35	0,27
5% des Lactosehydrats		0,37	0,21	0,35	0,32	0,37	0,33	0,33

Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, dass bei der Trocknung im Vacuum und bei 98° das Hydratwasser der Lactose entweicht. Es ist in unserer ersten Arbeit Lactosehydrat überall in Anhydrit umzurechnen, wodurch sich die

1) Diese Milchen gelangten mit Wasser verdünnt zur Analyse, weshalb die hier angegebenen Zahlen nicht mit denen der Tabelle I stimmen, in welcher auf unverdünnte Milch umgerechnet ist. No. 51" ist eine Stutenmilch; die Trockensubstanz 10,28% wurde erhalten nach 4tägigem Stehen, die Trockensubstanz 10,20 (51"a) nach 4wöchentlichem Stehen über Schwefelsäure. — Die übrigen Milchen sind Frauenmilchen.

Differenz zwischen Summe der Einzelbestandtheile und Trockensubstanz noch vergrössert.

Bevor über die Herkunft der diesmal untersuchten Milchen in Einzelnen berichtet wird, wollen wir darauf aufmerksam machen, dass wir die Nummern der Analysen — welche in der ersten Arbeit mit No. 23 abschlossen — weiter laufen lassen, also diesmal mit No. 24 beginnen. Jedoch werden wir zur Vermeidung alles Irrthums in Zukunft den Thiermilchen Zeiger geben, der Kuhmilch einen, der Stutenmilch zwei. Es bedeutet also z. B. No. 24 eine Frauenmilch, No. 44′ eine Kuhmilch, No. 45″ eine Stutenmilch.

No. 24. Frau M. aus Urach (hatte auch No. 12 u. 13 geliefert). 40. und 41. Tag p. p. 772 ccm Milch auf 8 mal abgesaugt, wovon 412 ccm zur Analyse. Gewicht des Kindes damals 5030 g.

No. 25. Frau E. aus Urach. Erstgebärende 23 Jahre alt, wohlhabend. Am 23., 25. u. 26. Tag p. p. 180 ccm auf 5 mal abgesaugt, alles zur Analyse. Es war nur wenig Milch vorhanden, doch ernährte sich das Kind damals noch ausschliesslich an der Brust und gedieh gut, hatte nur alle 2—3 Tage einmal eine kleine Kothentleerung. Bald nachher bekam es Beinahrung, da die Milch nicht mehr vollkommen reichte.

No. 26. Milch aus der Tübinger Frauenklinik von zwei Frauen gemischt 8.—11. Tag p. p.

No. 27. Frau Z. a. Hohenheim, Beamtensfrau, 26jährige Erstgebärende, am 24. u. 25. Tag p. p. 513 ccm auf 7 mal abgesaugt, davon 190 zur Analyse. No. 28 am 38., 39. und 40. Tage p. p. auf 8 mal 200 ccm abgesaugt, alles zur Analyse. No. 34 am 69. u. 70. Tag p. p. 191 ccm auf 4 mal abgesaugt, alles zur Analyse. No. 40 am 117.—119. Tag p. p. 125 ccm auf 5 mal abgesaugt, alles zur Analyse. Gewichte des Kindes: Geburt 3200 g, 24. Tag 3750 g, 40. Tag 4150 g, 70. Tag 5240, 119. Tag 6820 g.

No. 29 Frau Spa aus Urach, 35 Jahre alt, kleine, gut genährte Arbeiterfrau. 8. Kind. Künstliche Frühgeburt in etwa 36. Woche wegen Beckenenge; hat immer viel Milch und stillt lange. 23. und 24. Tag p. p. 200 ccm Milch auf 3 mal abgesaugt, alles zur Analyse. No. 30 am 40. u. 41. Tag p. p. 275 ccm Milch auf 4 mal abgesaugt, alles zur Analyse. No. 37 am 70. und 71. Tag p. p. 230 ccm auf 3 mal abgesaugt. No. 42 am 111. u. 113. Tag p. p. 197 ccm Milch auf 3 mal abgesaugt, immer alles zur Analyse Gewichte des Kindes: am 23. Tag 3300 g, am 41. Tag 3790 g, am 112. Tag 5200 g.

No. 31 und 32. Colostrum. Frau R′. aus Urach, 30jährige, sehr kleine Arbeiterfrau, drittes Mal gebärend, Kind sehr klein, die drei ersten Tage somnolent. Es nahm in dieser Zeit nur etwas Wasser und Kuhmilch mit dem Löffel, später Muttermilch mit dem Löffel und trank schliesslich an der Brust. Die Frau wollte Anfangs nicht stillen und that es nur auf Zureden,

als das Kind wider Erwarten am Leben blieb. Es wurde das gesammte Sekret abgesaugt, bis es milchähnlich wurde.

26	Stunden	p. p.	28	ccm	Colostrum	37	ccm	Wasser
38	»	» »	57	»	»	15	»	»
43	»	» »	40	»	»	10	»	»
48	»	» »	74	»	»	—	»	»

Von der Sammlung in der 48. Stunde wurden nur 30 ccm der ersten Portion des Colostrums, 44 ccm Colostrum mit 13 ccm Wasser (Spülwasser des Sammelgefässes) der zweiten Portion Colostrum zugetheilt.

Die erste Portion enthielt demnach 199 – 44 = 155 ccm Colostrum und 62 ccm Wasser. Die zweite Portion Colostrum wie folgt:

Uebertrag von	48	Std. p. p.	44	ccm	Colostrum	und 13	ccm	Wasser.
	62	» » »	67	»	»	» 10	»	»
	68	» » »	67	»	»	» 20	»	»
	Summe		178	ccm	Colostrum	und 43	ccm	Wasser.

In der 62. und 68. Stunde waren je 77 ccm abgesaugt worden, wovon aber je 10 ccm dem Kinde eingeflösst wurden. In Tabelle I sind die Analysen in unverdünntes Colostrum umgerechnet.

Das Colostrum sonderte diesmal nicht, wie das in der ersten Arbeit untersuchte, wachsartige Schollen ab, sondern blieb flüssig, doch sammelte sich auf dem Boden des Gefässes der ersten Portion eine schleimige Masse an, welche sich jedoch vor der Analyse durch Schütteln wieder vollkommen vertheilen liess.

No. 33. Frau B. aus Stuttgart, 30 Jahre alt, kräftige Frau, drittes Kind, 175. Tag p. p.

No 35. Frau W. aus Urach. Erstgebärende, junge kräftige Arbeitersfrau; am 108.—110. Tag auf 4 mal 534 ccm abgesaugt, wovon 326 zur Analyse. Sehr kräftiges Kind.

No. 36 und 38. Milch aus der Tübinger Frauenklinik, die erste Mischmilch von sechs, die letzte von zwei Frauen; 8.—11. Tag p. p.

No. 39. Frau E. von Stuttgart, 31 Jahre alt, schlecht genährte, magere Frau, 10. Kind, 234. Tag p. p. 235 ccm Milch auf 2 mal an einem Tage abgesaugt. No. 41 am 240. Tag p. p. 185 ccm Milch auf 3 mal abgesaugt, nur aus der l. Brust.

No. 43. Frau Hä. aus Stuttgart, 28 Jahre alt, nur l. Brust wird zum Säugen benützt; 160 ccm abgesaugt. Kräftige, aber mässig genährte, arme Frau, 4. Kind, 193. Tag p. p.

Obwohl wir auch diesmal darauf hielten, dass möglichst grosse Mengen Milch abgesaugt und die Brüste möglichst vollständig entleert wurden, gelang es, wie aus obigem Berichte hervorgeht, namentlich bei Spätmilchen nicht immer nach Wunsch. Die Kinder brauchten alle vorhandene Milch nothwendig — sie ist ja in der späten Zeit der Lactation im Verhältnis zum

Nahrungsbedarf meist spärlich — weigerten sich vielfach, an den Sammlungstagen Beinahrung zu nehmen, da sie bisher ausschliesslich Muttermilch bekommen hatten, ja einzelne nahmen nicht einmal abgesaugte Muttermilch aus der Flasche. Es ist überhaupt schwierig, in Familien Erlaubnis zur Milchsammlung zu erhalten und die genannten Hindernisse sind hier vollends schwer zu überwinden. Man musste sich also in manchen Fällen damit begnügen, kleine Quantitäten bald vor, bald nach dem Säugen aus der Brust zu entleeren, um auf diese Art eine möglichst richtige Mischung zu erzielen. Die kleinste Milchmenge, welche für eine Analyse abgesaugt wurde, war 125 ccm und betrifft Milch No. 40. — Die Flaschen, in welchen die Milch zur Analyse versandt wurde, fassten ca. 200 ccm. War nicht genug Milch zur vollständigen Füllung vorhanden, so wurde mit Wasser aufgefüllt. In Tabelle I aber sind, wie bemerkt, die Analysen immer auf unverdünnte Milch umgerechnet.

Stutenmilch haben wir auf Veranlassung des Herrn Prof. Dr. Gmelin von der thierärztlichen Hochschule Stuttgart untersucht. Dieselbe entstammte dem kgl. württbg. Landgestüte Marbach. Das mit Colostrum bezeichnete Sekret wurde in den ersten 24 Stunden p. p. abgemolken; seine Menge betrug 3—5 Liter. Auch diese Milch wurde mit 25 proc Formaldehydlösung conservirt, ein Tropfen auf 100 ccm Milch.

Zum Schlusse sprechen wir denjenigen Personen unsern Dank aus, welche diese Arbeit unterstützten: den Frauen, welche die Milchabnahme gestatteten; Herrn Dr. Closs gegenwärtig Assistenzarzt in der Frauenklinik Tübingen; Herrn Dr. Weinberg, pract. Arzt in Stuttgart; Herrn Gestütsthierarzt Schwarz in Marbach, welche uns durch Sammlung von Milch unterstützten. Herr E. Löflund hat auch diesmal sein Fabriklaboratorium unserer Untersuchung in liberalster Weise zur Verfügung gestellt; den Apparat für Elementaranalysen verdanken wir der Freigebigkeit des Herrn G. Siegle, geh. Commerzienrath und Reichstagsabgeordneter.

II. Ergebnisse der Analysen.

Tabelle I.

100 g Milch enthalten in Gramm resp. Milligramm.

Nummer der Analyse	Herkunft der Milch	Tage p. part Tag	GN	FN in mg	HN in mg	Fett	Lactose-anhydr.	Asche	Trocken-substanz
			Frauenmilch.						
24.	Fr. M., Urach	40—41.	0,179	39	14	3,73	6,27	0,20	12,06
25.	Frau E. U.	23.,25.,26.	0,162	34	9	3,25	6,55	0,23	11,44
26.	Tüb. Klinik 2 Frauen	8.—11.	0,297	47	6	3,76	6,42	0,28	12,94
27.	Frau Z., Hohenheim	24.—25.	0,224	39	12	4,48	6,34	0,22	12,94
28	Frau Z.	38.—40.	0,221	43	14	4,40	6,27	0,19	12,61
29.	Frau Spa, U.	23.—24.	0,255	40	16	3,59	6,21	0,25	12,32
30.	Frau Spa	40.—41.	0,198	42	6	5,33	6,55	0,25	13 83
31.	Frau R'., U.	Colostr. 1. Port.	0,336	35	14	1,67	5,20	0,36	10,32
32.	Frau R'.	Colostr. 2. Port.	0,266	35	11	2,02	5,08	0,40	10,12
33.	Fr. B., Stuttg.	175.	0,149	29	19	1,27	6,64	0,24	9,41
34.	Frau Z.	69.—70.	0,193	31	13	3,54	6,71	0,18	12,16
35.	Frau W., U.	108.—110.	0,129	25	10	3,06	6,71	0,14	11,20
36.	Tüb. Klinik Gemisch v. 6 Frauen	8.—11.	0,284	34	—	2,57	6,13	0,25	11,58
37.	Frau Spa	70.—71.	0,184	23	7	3,82	6,39	0,21	12,17
38.	Tüb. Klinik 2 Frauen	8.—9.	0,258	43	14	2,42	6,63	0,27	11,52
39.	Frau E., Stgt.	234.	0,136	22	9	2,85	7,01	0,19	10,98
40.	Frau Z.	117.—119	0,165	29	9	3,07	6,85	0,15	11,40
41.	Frau E., Stgt.	240.	0,133	26	9	3,72	6,73	0,17	11,68
42.	Frau Spa	111.—113.	0,192	27	12	2,95	6,65	0,21	11,44
43.	Frau H., Stgt.	193.	0,132	26	10	2,03	7,10	0,17	10,52
			Kuhmilch.						
44.'	Milch a. ein. Stuttg. Stall	3. Monat p. p.	0,585	33	23	3,44	4,35	0,78	12,24
			Stutenmilch.						
45."	Stute Sünder.	Colostr.	1,227	—	—	2,64	4,39	0,63	—
46."	» »	31.	0,348	33	21	0,82	6,05	0,45	9,77
47."	» »	48.	0,312	34	18	1,15	6,11	0,42	10,01
48."	Stut. Lucinde	Colostr.	1,314	33	16	1,77	4,24	0,67	15,39
49."	» »	13.	0,367	33	13	1,51	5,92	0,52	10,71

Nummer der Analyse	Herkunft der Milch	Tage p. part Tag	GN	FN in mg	HN in mg	Fett	Lactose-anhydr.	Asche	Trocken-substanz
50."	Stut. Lucinde	64.	0,267	33	16	1,20	6,52	0,40	10,20
51."	» »	124.	0,324	35	26	1,04	6,27	0,39	9,93
52."	Stut. Lotterie	Colostr.	0,974	40	15	2,33	4,49	0,64	13,89
53."	» »	18.	0,367	30	20	0,92	6,00	0,49	10,06
54."	» »	46.	0,338	31	17	1,00	6,33	0,45	10,37
55."	Clelia	72.	0,262	26	12	0,74	6,19	0,41	9,31

In folgender Tabelle II sind die Frauenmilchen der Tabelle I nach der Zeit der Lactation zusammengestellt. No. 12 und 13 ist aus der früheren Publication wiederholt, da bei diesen Milchen, ausser GN auch HN und FN bestimmt wurde, was früher sonst nicht der Fall war.

Bei Berechnung der Rubrik »Summe der Einzelbestandtheile« haben wir ausser Aetherextract, Lactoseanhydrit, Asche, auch Citronensäure berücksichtigt mit 0,05 g auf 100 Milch — dem von Scheibe ermittelten Mittelwerth. Dagegen haben wir die Substanzen, welche den HN liefern, bei Summierung der Einzelbestandtheile nicht berücksichtigt. Denn es können nur solche Stoffe in Rechnung kommen, welche auch in der Trockensubstanz enthalten sind. Harnstoff wird beim Trocknen zu Ammoniak und dieses wird ganz oder grossentheils entweichen. Wir behalten uns experimentelle Prüfung der Frage vor, jedenfalls handelt es sich um wenige Centigramm, welche nach keiner Richtung hin sehr in Betracht kommen werden.

Tabelle II.

100 g Frauenmilch enthalten:

Nummer d. Analyse	Zeit der Lactation	Fett	Lactose-anhydrit	Asche	Summe der Einzel-bestandtheil. m. Citr.-Säure	Trocken-substanz	Rest = Eiweiss und unbek. Stoffe
31	Colostrum I	1,67	5,20	0,36	7,28	10,32	3,04
32	» II	2,02	5,08	0,40	7,55	10,12	2,57
12	5. und 6. Tag p. p.	2,89	5,46	0,34	8,74	11,69	2,95

Nummer d. Analyse	Zeit der Lactation	Fett	Lactose-anhydrit	Asche	Summe der Einzel-bestandtheil. m. Citr.-Säure	Trocken-substanz	Rest = Ei-weiss und unbek. Stoffe
26	8.—11. Tag p. p.	3,76	6,42	0,28	10,51	12,94	2,43
36		2,57	6,13	0,25	9,00	11,58	2,58
38		2,42	6,63	0,27	9,37	11,52	2,15
13	20.—30. Tag p. p.	3,49	6,34	0,22	10,10	12,04	1,94
25		3,25	6,55	0,23	10,08	11,44	1,36
27		4,48	6,34	0,22	11,09	12,94	1,85
29		3,59	6,21	0,25	10,10	12,32	2,22
24	40 u. 41. Tag p. p.	3,73	6,27	0,20	10,25	12,06	1,81
28		4,40	6,27	0,19	10,91	12,61	1,70
30		5,33	6,55	0,25	12,18	13,83	1,65
34	70. Tag p. p.	3,54	6,71	0,18	10,48	12,16	1,68
37		3,82	6,40	0,21	10,48	12,17	1,69
35	110.—120. T. p. p.	3,06	6,71	0,14	9,96	11,20	1,24
40		3,07	6,84	0,15	10,11	11,40	1,29
42		2,95	6,65	0,21	9,86	11,44	1,58
33	170. Tag p. p. und später	1,27	6,64	0,24	8,20	9,41	1,21
39		2,86	7,01	0,19	10,11	10,98	0,87
41		3,72	6,73	0,17	10,67	11,68	1,01
43		2,03	7,10	0,17	9,35	10,52	1,17
Mittel	8.—11. Tag	2,92	6,39	0,27	9,63	12,01	2,38
»	20.—40. Tag	4,04	6,36	0,22	10,67	12,46	1,79
»	70.—120. Tag	3,29	6,66	0,18	10,18	11,67	1,49
»	170. Tag und später	2,47	6,87	0,19	9,58	10,65	1,07

III. Weitere Untersuchungen über die bisher nicht aufgeführten, namentlich die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Milch.

Wir sind bei Berechnung der Eiweisskörper der Milch aus N in unserer ersten Abhandlung dem Vorschlage Munks gefolgt, indem wir die Differenz GN—FN für Frauenmilch mit dem Factor 6,34, für Kuhmilch mit dem von Sebelien ermittelten Factor 6,37 multiplicirt haben. Wo FN nicht direct bestimmt wurde, haben wir, ebenfalls nach Munk, $FN = GN \cdot 0{,}09$ gesetzt. Munk hat seinen Factor 6,34 durch folgenden Versuch gefunden:

80 ccm Frauenmilch wurden mit 300 ccm Alkohol (von 90%) allmählig unter Umrühren gefällt, nach längerem Stehen abfiltrirt und der Niederschlag zuerst mit kaltem, sodann mit heissem Alkohol (von 70%) ausgewaschen, zuletzt mit absolutem Alkohol und Aether. Nach 24stündigem Trocknen an der Luft wurde der Niederschlag im Soxhlet 20 Stunden lang mit Aether entfettet und die fettfreie Trockensubstanz fein gepulvert. Es wurde besonders darauf geachtet, dass sich derselben nicht Fasern vom Papierfilter beimengten.

0,1036 g dieser Substanz mit 0,094 g Eisenoxyd im Platintiegel verbrannt gaben 7,4 mg Asche = 7,14%. 0,2544 g Substanz = 0,2361 g aschefreie Substanz geben nach Kjeldal 0,0372 N = 15,76%.

Munk hat nur diese einzige Analyse gemacht und es ist schon deshalb misslich, sich auf dieselbe zu stützen, weil die kleinen Fehler, welche bei jeder Analyse unvermeidlich sind, auf das Endresultat, N-Gehalt der aschefreien Substanz, einen erheblichen Einfluss haben. Eine probeweise Rechnung mit etwas veränderten Asche- und N-werthen gibt hierüber Aufschluss! Vollends ist ungewiss ob der N-Gehalt der durch Alkohol gefällten Substanzen nicht von der Zeit der Lactation abhängig ist. Eine Nachprüfung unsererseits war deshalb unter allen Umständen geboten. Söldner hat die sieben folgenden Analysen genau nach der Vorschrift Munk's ausgeführt, nur bei Milch No. 43 und bei einer zweiten Analyse der Milch No. 42 wurde zum Auswaschen des Niederschlages Alkohol von 90% verwendet. Munk hat die Trockensubstanz vom Papierfilter abgeschaben. Um diese nicht ganz unbedenkliche Operation zu umgehen, hat Söldner zuerst N und Asche der Papierfilter bestimmt (es kamen Rundfilter von Schleicher und Schüll Durchmesser 9 cm, No. 597 zur Verwendung). Sodann wurden 2 Portionen Milch gefällt und bei einer Portion N von Niederschlag und Filter, bei der andern Asche von Niederschlag und Filter bestimmt.

(Siehe Tab. III auf S. 548.)

Anmerkungen zu Tabelle III: 1. Bei Milch No. 42 ist der Aschegehalt nur geschätzt. 2. Während die in Stuttgart gesammelten Milchen

Tabelle III.

Nummer der Milch (n. Tab. I)	Zeit der Lactation	100 g der durch Alkohol gefällten Substanz, zucker- und fettfrei, enthält N	Asche	100 g aschefreie Substanz enthält N
		Frauenmilch.		
28	8. Tag p. p.	13,24	5,86	14,06
29	41. » » »	—	—	13,31
37	70. » » »	13,23	6,19	14,38
40	116. » » »	12,53	7,40	13,53
42	111. » » »	13,18	7,00	14,17
43	193. » » »	12,91	3,60	13,25
39	241. » » »	11,58	7,63	12,54
41	245. » » »	12,99	6,34	13,86
		Kuhmilch.		
44′	2.—3. Monat	13,13	11,06	14,58
44′	do.	13,07	—	14,51
Mittel 44′	do.	—	—	14,54
		Stutenmilch.		
54″	46 Tag p. p.	13,19	11,44	14,88
		No. 42 mit Alkohol von 90%.		
42	111. Tag p. p.	11,83	7,0	12,72

gewöhnlich ohne Zusatz eines Desinfectionsmittels zur Untersuchung kamen stand Milch No 39 vom 22.—27. Mai (1896) mit etwas Chloroform versetzt bis die Alkoholfällung gemacht werden konnte.

Die »aschefreie Substanz der 8 Frauenmilchen in Tabelle III enthält im Mittel 13,64% N; benutzt man No. 42 und 39 nicht zur Mittelziehung, so ist dasselbe 13,73% N.

Die Milchen der Tabelle III hatten folgende Zusammensetzung:

Tabelle IV.

100 g Milch enthalten:

GN - HN	Fett	Lactose-anhydrit	Asche	Citr.-säure	Summe der Einzel-bestandtheil.	Trocken-substanz	Eiw. u. unbek. Stoffe
			Mittel der 8 Frauenmilchen.				
0,171	3,01	6,70	0,20	0,05	9,96	11,51	1,55
			Kuhmilch.				
0,562	3,44	4,35	0,78	0,18	8,75	12,24	3,49
			Stutenmilch.				
0,321	1,00	6,33	0,45	0,20	7,98	10,37	2,39

Eiweiss und unbekannte Substanzen der Tabelle IV enthalten demnach folgende Procentwerthe an GN—HN:

Frauenmilch	11,0%
Kuhmilch	16,0%
Stutenmilch	13,4%

Benutzt man zur Mittelziehung nur 6 Frauenmilchen (ohne No. 42 und 39), so erhält man ebenfalls einen mittleren Gehalt von 11% N.

Der N-Gehalt der durch Alkohol gefällten Substanzen und des »Eiweiss und unbekannter Substanzen« ist bei Frauenmilch so verschieden, dass die Substanzen unmöglich identisch sein können.

Näher scheinen sich die beiden Substanzen bei den Thiermilchen zu stehen; ja wenn man jeweils Kuh- und Stutenmilch zu einem Mittel vereinigt, so erhält man vollkommen Uebereinstimmung; die durch Alkohol gefällte »aschefreie Substanz« enthält im Mittel 14,7% N; das »Eiweiss und unbekannte Substanz« ebenfalls 14,7% N. — Die Zeit der Lactation hat bei Frauenmilch keinen Einfluss auf den N-Gehalt der gefällten Substanz gehabt.

Das bei der Alkoholfällung erhaltene Filtrat enthält nach Munk bei Kuhmilch mehr N als das Filtrat bei Gerbsäurefällung. Munk macht hierüber folgende Angaben:

Der Niederschlag aus 100 g Kuhmilch enthielt N:

	1.	2.	3.	4.
	Milch			
Bei Gerbsäurefällung	0,503	0,455	0,529	0,508
Bei Alkoholfällung	0,491	0,432	0,518	0,493
Im Filtrat der Alkoholfällung ist also mehr N	0,012	0,023	0,011	0,015

Wir selbst sind, wie schon in der vorigen Abhandlung mitgetheilt wurde, bei Kuhcolostrum zu einem andern Resultat gekommen. Söldner erhielt von 100 Kuhcolostrum:

GN		1,539 g
N im Filtrate	der Kupferfällung	0,061 »
	der Gerbsäurefällung . . .	0,057 »
	der Alkoholfällung	0,045 »

Ueber einen eiweissartigen N-haltigen Körper, welcher sich im Filtrate der Alkoholfällung findet, siehe weiter unten.

Ausser dem Eiweissfactor kommt bei der Eiweissberechnung nach Munk auch die Grösse von FN in Betracht. Munk fand bei Frauenmilch aus dem 7. und 8. Monat p.p. folgende Werthe für 100 Milch:

	Milch No.								Mittel
	1	2	3	4	5	6	7	8	
GN	0,206	0,224	0,242	0,201	0,206	0,264	0,238	0,229	0,226
FN	0,016	0,021	0,026	0,017	0,017	0,025	0,020	0,018	0,020
	Auf 100 GN kommt FN								
	7	9	11	8	8	10	8	8	8,9

Wir stellen unsere eignen Erfahrungen in folgender Tabelle zusammen:

Tabelle V.

Frauenmilch (nach Tab. I und II).

Zeit der Lactation	GN	FN in mg	HN in mg	FN-HN in mg	a 100 GN kommt FN-HN	auf 100 Eiw. u. unbek. Stoffe kommt GN-FN	GN-HN
Colostrum I	0,336	35	14	21	6,3	9,9	10,6
» II	0,266	35	11	24	9,0	9,0	9,9
5.—6. T. p. p.	0,327	42	10	32	9,8	9,7	10,7
8.—11. » » »	0,280	41	9	32	11,4	10,0	11,4
20.—40. » » »	0,208	40	12	28	13,4	9,4	10,9
70.—120. » » »	0,173	27	10	17	10,0	9,8	10,9
170. Tag u. später	0,137	26	12	14	10,2	10,4	11,7
Mittel ohne Col.	—	—	11	—	11	9,9	11,1

Da GN in hohem Maasse von der Zeit der Lactation abhängt, FN aber in zwei Portionen zerlegt werden kann, von welchen die eine, HN, von der Zeit der Lactation unabhängig, die andere von derselben abhängig ist, so scheint es richtiger, FN—HN, als das ganze FN mit GN in Beziehung zu bringen. Uebrigens ist der Befund Munk's, FN betreffend, von unserm nicht so gar verschieden. Sein Mittelwerth für FN ist 20 mg, der unsere zu gleicher Zeit der Lactation 26 mg. Auffallend

gross, wenigstens im Verhältniss zu unsern Befunden, ist der Gehalt seiner Milch an GN, bis zu 0,26 g auf 100 Milch, während unsre N-reichste Spätmilch nur 0,15 g enthielt. Aus diesem Grunde ist das Verhältniss GN : FN bei Munk ein ganz anderes als bei uns. Der hohe N-werth der Munk'schen Spätmilch lässt auf einen hohen Gehalt an Eiweissstoffen (neben einem geringen an N-haltigen »Extractivstoffen«) schliessen, und es mag sein, dass die durch Alkohol gefällte Substanz deshalb bei Munk erheblich N-reicher war als bei uns.

Das Filtrat der Gerbsäurefällung gibt, in passender Weise vorbereitet, weder die Biuret- noch eine andere Eiweissreaction. Hierin stimmt unsere Erfahrung mit derjenigen Munk's vollkommen überein. Die Substanzen aber, an welche FN—HN gebunden ist, sind vollkommen unbekannt.

Die von Munk vorgeschlagene Methode, die Eiweisskörper aus GN zu berechnen, ist demnach für unsre Milchen wenigstens zunächst als gescheitert zu betrachten. Das immerhin wichtige, positive Resultat unsrer Bemühungen in dieser Richtung ist die Kenntniss und Gewichtsbestimmung von HN.

Söldner versuchte nun das Ziel durch die Methode der Dialyse zu erreichen. Colostrum 31, Milch 30, 34, 33 (und zwar 50 bis 100 ccm je nach der zur Verfügung stehenden Milchmenge) wurden zur Verhinderung der Fäulniss mit Thymollösung versetzt (etwa 2 ccm einer 10 proc. alkoholischen Lösung auf 100 ccm Milch), in Schläuche von Pergamentpapier gefüllt und so lange der Dialyse unterworfen, bis sie keine Lactose mehr abgaben; es dauerte dies gegen 14 Tage. Fäulnissgeruch oder sonstige Anzeichen von Fäulniss waren nicht zu bemerken; wenn der Thymolgeruch abnahm, wurde wieder etwas von dem Antisepticum zugesetzt. Nach geschehener Entzuckerung wurde der Inhalt der Schläuche getrocknet, mit Aether extrahirt, eine N-Bestimmung und eine Aschebestimmung gemacht. Bei einer Probe des Colostrums wurde nach Vollendung der Dialyse der Inhalt eines Schlauches nach Munk mit Alkohol gefällt und der Niederschlag auf die beschriebene Weise weiter bearbeitet. Das Resultat war folgendes:

Tabelle VI.

N-Bestimmungen nach Dialyse.

Nummer der Milch	Zeit der Lactation	100 g Substanz nach Dialyse, fettfrei, enthalten		100 g aschefreie Substanz enthalten N
		N	Asche	
31	Colostrum	13,50	1,80	13,70
31	Colostr. m. Alkohol	11,77	2,38	12,06
30	40. Tag p. p.	12,30	2,81	12,65
34	70. » » »	10,11	6,80	10,84
33	170. » » »	9,28	6,18	9,89
Mittel von 30, 34 und 33	—	—	—	11,12

Wir hielten wegen des geringen N-Gehaltes der Substanz zunächst auch diesen Versuch für verunglückt, da wir erwartet hatten, es werde in den Schläuchen nur Eiweiss (und Fett) zurückbleiben. Erst bei Berechnung aller Versuche, nach Beendigung des experimentellen Theiles unserer Arbeit, erkannten wir die Bedeutung des Dialysenversuches. Aus äusseren Gründen können wir denselben zunächst nicht wiederholen, sondern müssen uns mit den wenigen bisher angestellten Analysen begnügen.

Die Zusammensetzung der in Betracht kommenden Milchen ist nämlich nach Tabelle I folgende:

Tabelle VII.

	Fett	Lactose-anhydrit	Asche	Citr.-Säure	Summe d. Einzel-bestdth.	Trocken-substanz	Eiw. u. unbekannte Stoffe	GN-HN
No. 31	1,67	5,20	0,36	0,05	7,28	10,32	3,04	0,322
No. 30	5,33	6,55	0,25	0,05	12,18	13,83	1,65	0,192
» 34	3,54	6,71	0,18	0,05	10,48	12,16	1,68	0,180
» 33	1,27	6,64	0,24	0,05	8,20	9,41	1,21	0,130
No. 30, 33, 34	3,38	6,63	0,23	0,05	10,29	11,80	1,51	0,167

100 g der Substanzen enthalten also folgende N-Mengen:

	Eiweiss und unbekannte Stoffe	Dialysirte Substanz	Dialyse und Alkoholfällung
No. 31	10,6	13,7	12,1
No. 30	11,6	12,6	—
» 34	10,8	10,8	—
» 33	10,7	9,9	—
No. 30, 33, 34	11,0	11,1	—

Der Umstand, dass man beim Vergleich der einzelnen Milchen keine genaue Uebereinstimmung zwischen N-Gehalt des »Eiweiss und unbekannte Stoffe« und der dialysirten Substanz findet, kann ganz wohl an den unvermeidlichen Versuchsfehlern liegen. Wäre z. B. bei Milch No. 30 GN—HN zu 0,195 und »Eiweiss und unbekannte Stoffe« zu 1,55 gefunden worden, so wäre der Procentgehalt dieser letzteren an N ebenfalls 12,6%.

Ist aber die auffallende Uebereinstimmung der Mittelwerthe nicht zufällig, worüber weitere Versuche entscheiden müssen, so geht aus unserm Befunde die wichtige Thatsache hervor, dass sämtliche Substanzen der Milch, welche als »Eiweiss und unbekannte Stoffe« zusammenfasst werden, nicht dialysirbar sind. Von den hier in Betracht kommenden Stoffen gehen aber durch die Membran die Peptone und einfach gebauten Kohlehydrate, nicht dagegen die Eiweissstoffe, Leimstoffe und die höheren Kohlehydrate. Zur Erklärung des geringen N-Gehaltes von »Eiweiss und unbekannten Stoffen« muss man natürlich annehmen, dass letztere N-arm oder N-frei seien; dass die Menge dieser Stoffe fast die Hälfte der Eiweissstoffe, vielleicht sogar mehr beträgt, ist für Frauenmilch aus jeder Zeit der Lactation in Tabelle X und XI nachgewiesen; auch bei den der Dialyse unterworfenen Milchen No. 31, 30, 34 und 33 findet man dieses Verhältniss. Beim Colostrum No. 31 scheint ein N-armer oder N-freier Körper zum Theil durch die Membran gegangen zu sein, so dass die im Pergamentsack zurückbleibende Substanz N-reicher geworden ist als »Eiweiss und unbekannte Substanz«. — Wie

sich aus Colostrum ein bisher unbekanntes Kohlehydrat gewinnen lässt, wird unten des Nähern beschrieben werden.

Wir wenden uns nun zu den Thiermilchen, von welchen wir jedoch nur Mittelzahlen berechnen.

Tabelle VIII.

100 g Stutenmilch enthält:

Nummer der Milch	Zeit der Lactation	Fett	Lactose-anhydr.	Asche	Citr.-Säure	Summe d. Einzelbestandtheile	Trock.-substz.	Eiweiss und unbekannte Stoffe
Mittel von 48″, 52″	Colostr.	2,05	4,36	0,65	0,15	7,21	14,64	7,43
Mittel von 49″, 53″	13.—18. Tag p. p.	1,21	5,96	0,50	0,10	7,77	10,38	2,61
Mittel von 46″,47″,50″ 51″,54″,55″	30.—120. Tag p. p.	0,99	6,24	0,42	0,10	7,75	9,93	2,18

	Auf 100 Milch kommt				Auf 100 GN kommt		Auf 100 Eiw. und unbek. Stoffe kommt
	GN	FN in mg	HN in mg	FN-HN in mg	FN	FN-HN	GN-HN
Colostrum	1,144	36	15	21	3,1	1,8	15,2
13.—18. T. p. p.	0,367	31	16	15	8,4	4,1	13,4
30.—120. » » »	0,306	32	18	14	10,4	4,5	13,2

Anmerkung zur Tabelle: Die Citronensäure ist nach einigen Analysen Söldner's geschätzt.

Auffallend ist, dass FN—HN bei Stutenmilch und Frauenmilch aus später Lactationszeit gleich gross ist. — Die Veränderung der Milch im Laufe der Lactation, welche bei Frauenmilch so stark bemerklich war, ist in sehr mässigem Grade auch bei der Stutenmilch vorhanden.

Zur Berechnung der Kuhmilch ziehen wir auch die Analysen aus unserer ersten Arbeit heran. Da wir früher regelmässige Bestimmungen von FN und HN noch nicht gemacht haben, so kann die Rechnung leider nicht so genau geführt werden wie bei Stutenmilch; indess ist es ohne grossen Fehler zulässig, wenigstens HN zu schätzen und zwar zu 20 mg auf

100 Milch. Ein kleiner Irrthum in dieser Beziehung kommt ja nur wenig in Betracht, da GN bei Kuhmilch so gross ist. — Auch für Citronensäure der Kuhmilch besitzen wir vorläufig so wenig eigene Bestimmungen wie für Citronensäure der Frauenmilch. Scheibe gibt für 100 Kuhmilch 0,17 bis 0,20; für 100 Frauenmilch 0,054 bis 0,057 an; daher wir für erstere den Mittelwerth 0,18, für letztere den Mittelwerth 0,05 in Rechnung bringen.

Tabelle IX.

100 g Kuhmilch enthalten:

Nummer der Analysen	Zeit der Lactation	Fett	Lactose-anhydr.	Asche	Citr.-Säure	Summe d. Einzelbestandtheile	Trock.-Substanz	Eiweiss und unbekannte Stoffe
Mittel v. 14' 17' 20'	Colostr.	4,17	2,85	0,89	0,18	8,09	16,60	8,51
Mittel von 18' 21'	8.—20. T. p. p.	4,05	4,58	0,72	0,18	9,53	12,61	3,08
Mittel v. 15' 16' 19' 44'	40.—90. T. p. p.	3,88	4,49	0,75	0,18	9,30	12,74	3,44
Stuttgarter Marktmilch 22' 23'		3,42	4,25	0,70	0,18	8,55	11,77	3,22

	Auf 100 Milch kommt GN	Auf 100 Milch kommt GN-HN	Auf 100 Eiweiss und unbekannte Stoffe kommt GN-HN
Colostrum	1,271	1,251	14,7
8.—20. Tag p. p.	0,466	0,446	14,5
40.—90. » » »	0,530	0,510	14,9
Marktmilch	0,502	0,482	15,0

In einer vor Kurzem erschienenen Arbeit von Dr. W. Mader ist der Versuch gemacht, Caseïn und Albumin der Kuhmilch nach Bestimmung von Fett, Lactose, Asche und Trockensubstanz aus der Differenz zu berechnen.

Es ist die Trockensubstanz bestimmt 1. in der Milch selbst, 2. in der nach Labfällung der Milch erhaltenen Flüssigkeit A, 3. in der aus A nach Erhitzen und Ausfällen des Albumins erhaltenen Flüssigkeit. Die Resultate Mader's stimmen insofern

mit den unsern überein, als auch bei ihm die Menge unbekannter Substanz im Anfange der Lactation am grössten ist und mit fortschreitender Lactation bis zu sehr kleinen Beträgen abnimmt. Wegen der Einzelheiten verweisen wir auf die Originalabhandlung in den »Forschungsberichten über Lebensmittel und ihre Beziehung zur Hygiene«. München und Leipzig, Verlag von Dr. E. Wolff 1895. —

Wir halten es für überflüssig, auf die gewaltigen Unterschiede zwischen der Frauenmilch und den Thiermilchen und den letztern unter sich näher einzugehen, führen doch die Tabellen II, V, VIII und IX diese Unterschiede besser vor Augen, als jede Beschreibung vermöchte. [1]) Um die Veränderung der Milch im Laufe der Lactation nicht, wie bisher geschehen, durch Mittelzahlen, sondern auch durch den Verlauf bei einzelnen Individuen bequemer ersichtlich zu machen, als aus Tabelle I hervorgeht, geben wir eine entsprechende Zusammenstellung am Schlusse dieser Arbeit.

Noch möchten wir auf folgende zwei Punkte aufmerksam machen: 1. Man betrachtete bisher das Fett als einen ziemlich unregelmässig schwankenden Milchbestandtheil, bei Frauenmilch vielleicht deshalb, weil die Schwierigkeit der Gewinnung unregelmässige Schwankungen bekanntlich begünstigt. Aus unserer Untersuchung geht aber für alle 3 Milchsorten hervor, dass der Fettgehalt bald nach der Geburt, bei den Thieren schon im Colostrum ein Maximum erreicht und von da an langsam absinkt und die Uebereinstimmung des Befundes bei allen drei Milchsorten dürfte dafür sprechen, dass man es hier nicht mit einem zufälligen Verhalten unserer Milchen zu thun hat. 2. Der Nährwerth der Stutenmilch ist wegen ihres geringen Fettgehaltes auf-

1) Dass die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung von Frauenmilch gegenüber Thiermilch die verschiedenen Ergebnisse bei der Kinderernährung mit Menschen- und Kuhmilch verursache und dass dieser Unterschied weder durch Verdünnen und Sterilisiren der Kuhmilch, noch durch Zusätze (Salze, Milchzucker, Fett) genügend ausgeglichen werden könne, hat unter den Kinderärzten hauptsächlich Biedert vertreten und seit 1869 verfochten. Siehe dessen »Kinderernährung im Säuglingsalter« in Stuttgart bei Enke 1893.

fallend viel kleiner als der von Frauen- und Kuhmilch, welch letztere sich etwa gleich stehen. Das Geburtsgewicht von Kälbern und Fohlen ist annähernd gleich gross (gegen 50 kg), ebenso das Wachsthum der Thiere in den ersten 10 Wochen, für welche Zeit uns Notizen zu Gebote stehen. Nun verzehren Kälber nach den bekannten Untersuchungen von Crusius (Journal für praktische Chemie 1856), auch nach den Angaben aus dem landwirthschaftlichen Institute Hohenheim (Beschreibung des kgl. württemb. landwirthschaftl. Institutes H. 1896) in den ersten 10 Wochen 24stündig gegen 10 l Kuhmilch und erhalten bei sorgfältiger Aufzucht erst in der 7. bis 10. Woche Beinahrung. Weit geringer ist die Milchergiebigkeit der Stuten. Bei den von uns zu den Analysen benützten schwankte die abgemolkene und von den Fohlen verzehrte 24stündige Milchmenge zwischen 2300 u. 5000 g[1]), bei König (chem. Zusammensetzung der Nahrungs- und Genussmittel, 3. Aufl. S. 348) findet sich die Notiz, dass gute Stuten »in der besten Zeit« den Tag über bei 5 maligem Melken 4 bis 5 l Milch lieferten. Nachts waren die Fohlen bei den Müttern und tranken wohl auch, so dass die 24stündige Milchproduktion in diesem Falle nicht genau bekannt ist. Die Saugfohlen werden von der minder nahrhaften Stutenmilch eher mehr brauchen, als gleichschwere Kälber an Kuhmilch verzehren; es ergibt sich also die merkwürdige Thatsache, dass Stuten schon kurze Zeit nach der Geburt nicht mehr im Stande sind, ihre Fohlen genügend zu ernähren. Die Fohlen im Landesgestüte Marbach verzehren denn auch schon vom 14. Lebenstage an reichliche Mengen Beinahrung, nämlich durchschnittlich eines 1000 g Hafer in 24 Stunden. Sie leiden häufig an Durchfall, doch sei zweifelhaft, ob derselbe von der Art der Ernährung oder schlechten Stallverhältnissen herrühre. Die Ausnützung des Hafers bei älteren Pferden wird von den Thier-

1) Es lieferten: Sünderin Colostrum . . 5000 g
» 26. Tag p. p. . 4700 »
» 50. » » » . 3900 »
Lucinde 14. » » » . 3800 »
» 65. » » » . 5000 »
Clelia 72. » » » . 2300 »

physiologen rund zu 70% der gesammten Trockensubstanz angegeben, bei unsern Fohlen dürfte sie eher schlechter gewesen sein und von den 880 g Trockensubstanz, welche 1 kg Hafer durchschnittlich enthält, dürften 500 bis 600 g resorbirt worden sein, entsprechend 5—6 l Stutenmilch. —

Weitere Untersuchungen zur Bestimmung einzelner N-freier und N-haltiger unbekannter Milchbestandtheile verliefen wie folgt: Schon Ritthausen und Schmöger hatten auf die Gegenwart N-freier Körper, insbesondere solche dextrinartiger Natur, in Kuhmilch aufmerksam gemacht. Die Litteratur hierüber siehe bei v. Raumer und Späth, Zeitschrift für angewandte Chemie 1896 S. 72. Auch die letzten Autoren schliessen auf die Gegenwart eines dextrinartigen Körpers in Kuhmilch aus der ersten Zeit der Lactation und zwar aus der Differenz der durch Polarisation erhaltenen Zahlen gegenüber den gewichtsanalytisch ermittelten Werthen. Auch Krüger fand in Kuhcolostrum mehrere die Fehling'sche Lösung reducirende und optisch wirksame Kohlehydrate; Molkereizeitung 1892, 16. Ritthausen endlich giebt an, dass dem gründlich mit Wasser ausgewaschenen Kupferniederschlag der Kuhmilch ein unbekanntes Kohlehydrat durch Alkohol und Aether entzogen werden könne.

Söldner hat nun den Versuch gemacht, einen solchen Körper unmittelbar aus der Trockensubstanz des Frauencolostrums zu gewinnen und verfuhr wie folgt: 100 g Colostrum No. 32 wurden mit Seesand zum Trocknen gebracht und im Vacuumschrank völlig getrocknet, der Rückstand mit absolutem Alkohol ausgelaugt. Der von Alkohol befreite und trockene Rückstand der Auslaugung wurde mit wenig Wasser aufgenommen und unter Zusatz von Thymollösung in einem dichten Pergamentschlauch der Dialyse durch 6 Tage ausgesetzt; der Schlauchinhalt liess bei Prüfung mit Fehling'scher Lösung nur noch Spuren von Reduction erkennen. Beim Concentriren und Eindampfen zur Trockene zeigte sich schon, dass die weitaus grösste Menge des alkohol. Auszuges durch den Schlauch gegangen war, denn es hinterblieb wenig eines bräunlich gefärbten Rückstandes, der rasch Wasser aus der Umgebung aufnahm. Er erwies sich

frei von Stickstoff. In Wasser leicht löslich wird er durch Alkohol gefällt, gegen Fehling'sche Lösung zeigt er geringes Reductionsvermögen, und ist auf alkalische Wismuthlösung selbst bei längerem Kochen nur in Spuren wirksam, was auf die Gegenwart von Spuren von Milchzucker hinweist. Kocht man aber die Substanz vorher mit etwas Salzsäure, so erhält man beim Kochen mit alkalischem Wismuthnitrat intensive Schwarzfärbung. Es ist dies das gleiche Verhalten wie es Ritthausen an der aus Kuhmilch nach seiner Weise erhaltenen Substanz beobachten konnte. Die Menge der Körper, die man auf die angegebene Weise zu isoliren vermag, ist jedoch sehr gering.

Aus der Frühmilch No. 36, es kamen 500 ccm in der eben geschilderten Weise, aber ohne Dialyse, zur Verarbeitung, ist es nicht geglückt, die Substanz milchzuckerfrei zu erhalten. Es gehen bei der Alkoholextraction der mit Seesand eingetrockneten Milch bedeutende Milchzuckermengen in den Auszug, deren Trennung durch wiederholte Fällung mit Alkohol nicht zu erreichen ist. Die weitere Untersuchung wurde aufgegeben, da mit grosser Sicherheit anzunehmen war, dass durch die wiederholten Alkoholfällungen der Verlust an der gesuchten Substanz zu gross wurde. Von der Dialyse war Abstand genommen worden wegen der sehr geringen Ausbeute bei dem Versuch mit Frauencolostrum, indem es nicht ausgeschlossen erschien, dass der Körper wenigstens zum Theil auch die Pergamenthaut passirt, insbesondere bei länger andauernder Dialyse, welche infolge der grossen Milchzuckermenge nöthig geworden wäre.

Aus 100 ccm dieser Frühmilch nach Ritthausen ausgefällt, der Niederschlag sorgfältig ausgewaschen, wurden aus dem Alkohol- und Aetherauszug nach dem Vorgang des gleichen Autors nur sehr geringe Mengen des Wismuthoxyd nicht reducirenden Körpers erhalten, von gleichem Aussehen und Verhalten wie es Ritthausen beschreibt.

Die Prüfung des Frauenmilchcolostrums und der Frauenmilch auf die Gegenwart von Pentosen nach dem Verfahren von Tollens lieferte ein negatives Resultat. Es wurde dabei folgendermaassen verfahren. Im Kolben wurden 100 ccm des

Colostrums No. 10 mit 12 g Salzsäure (20%) im Oelbad auf 145 bis 150° erhitzt, und nachdem 30 ccm überdestillirt waren, 30 ccm frische Salzsäure zugegeben und das 3 mal wiederholt. Das Destillat gab weder anfangs noch später die Reaction mit Anilinacetat; diese trat aber, nachdem 0,1 g Gummiarabicum zugesetzt worden waren, mit aller Schärfe im neuen Destillat ein.

Eine andere unbekannte N-haltige Substanz erhält man beim Ausfällen der Eiweisskörper nach Munk im alkohol. Filtrat der Fällung aus Frauenmilch. Dampft man dieses nach Abdestillirung des Alkohols in einer Schale weiter ein, so scheiden sich bald grobe, derbe, etwas gelb gefärbte Fetzen und Schollen einer weichen, klebrigen stickstoffhaltigen Substanz aus, die beim Erkalten hart und spröde wird. Mit Aether vom Fett befreit ist die Substanz in Wasser nur in Spuren löslich, dagegen sehr leicht in stark verdünntem Alkali und Ammoniak. Aus diesen Lösungen fällt verdünnte Salzsäure einen flockigen weissen Niederschlag. Eine Substanz von gleichem Verhalten erhielt Söldner aus Kuhcolostrum No. 17; es wurden 800 ccm verarbeitet. Nachdem die Substanz mit Aether vom Fett befreit war, wurde sie in Wasser aufgeschwemmt und mit ¼ Normal-Natronlauge bis zu schwach alkalischer Reaction versetzt. — Die Aufschwemmung wird nach Zusatz von wenig Lauge nicht sogleich alkalisch, sondern verbraucht, wie Caseïn, eine gewisse Menge Lauge, ehe alkalische Reaction eintritt. — Sie löste sich nunmehr und wurde sodann mit verdünnter Salzsäure vorsichtig ausgefällt. Ein Ueberschuss von Salzsäure löst den Niederschlag wieder auf. Dasselbe gilt auch für die aus Frauenmilch erhaltene Substanz. Nach der Fällung mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschen, wurde die Substanz im Trockenschrank bei 95° getrocknet und schmolz dort zu einer schäumigen, schwach gelb gefärbten Masse. Ausbeute 0,6 g. 0,3065 g ergaben nach Kjeldahl 13,07% N

0,099 g geben 0,001 g Asche = 1,01%.

Die aschefreie Substanz enthielt somit 13,20% N.

2 l Kuhmilch No. 18′ wurden mit 3 l 96 proc. Alkohol gefällt. Das alkohol. Filtrat wurde im Vacuum bei 40—45° auf 200 ccm eingedampft mit 600 ccm absolutem Alkohol unter Um-

rühren versetzt und der entstehende sehr geringe Niederschlag abfiltrirt. Das blanke Filtrat, wieder im Vaccuum auf 150 ccm eingedickt, stellte in dieser Concentration eine nahezu klare tiefgelbgrün gefärbte Flüssigkeit dar, die mit 4 Volumen Wasser verdünnt sofort eine starke flockige Ausscheidung gab. Der in groben weissen Flocken sich langsam absetzende Niederschlag wurde abfiltrirt, mit Wasser kalt ausgewaschen und abgepresst. In Wasser vertheilt trat auf Zusatz von 3½ ccm ¼ N-Natronlauge klare Lösung bei schwach alkalischer Reaction ein. Aus der filtrirten Lösung fällt mit 3½ ccm ¼ N-Salzsäure die Substanz wieder aus. Das Lösen und Fällen wurde dreimal wiederholt, und schliesslich nach Auswaschen mit Wasser, Alkohol und Aether der Niederschlag über Schwefelsäure im luftleeren Raum getrocknet, im Soxhletapparat mit Aether 6 Stunden extrahirt und im Trockenschrank bei 100—105° ¼ Stunde gelassen. Das zarte staubfeine Pulver war aschefrei und enthielt nach Kjeldahl's Methode bestimmt 13,26% N.

Die Substanz ist phosphorhaltig. Eine Bestimmung derselben in Soda-Salpeterschmelze, Ausscheidung mit Molybdän und Wägung als pyrophosphorsaure Magnesia ergab 0,218% P.

Der P-Gehalt legt die Vermuthung nahe, dass die Substanz nicht ein in der Milch präexistenter Eiweisskörper ist. Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass durch die Art der Gewinnung mit Alkohol, obwohl die Fällung der Milch in der Kälte geschah, das Caseïn derselben alterirt worden ist. Auch Danilewsky und Radenhausen erhielten bei Anwendung von Alkohol, freilich bei höheren Temperaturen, bis zur Siedhitze verschieden sich verhaltende Eiweisskörper, die unzweifelhaft in der Milch nicht vorhanden waren. Ueber die leichte Zersetzlichkeit complicirt gebauter Eiweisskörper gegenüber analytischen Eingriffen siehe auch »physiologisch-chemische Untersuchungen über die Lachsmilch« von Dr. F. Miescher, herausgegeben von O. Schmiedeberg.

IV. Berechnung der Eiweissstoffe in der Milch; Elementaranalysen der Frauenmilch und Stutenmilch; Citronensäure der Stutenmilch; Einfluss der Lactationsperiode bei einzelnen Individuen; Mittelwerthe aus den Frauenmilchanalysen beider Publicationen.

Es ist gegenwärtig, nach den bisher gemachten Mittheilungen, allerdings nicht möglich, die Eiweissstoffe der Milch ganz einwandfrei zu bestimmen, insbesondere ist eine Berechnung aus dem N der Milch nicht möglich, doch wird man auf eine annähernde Schätzung derselben nicht verzichten wollen. Am einfachsten ist dieselbe, wenn man annimmt, dass sämtlicher Stickstoff, d. h. GN—HN, an Eiweissstoffe gebunden, dass die unbekannten Substanzen also N-frei seien. Besonders wahrscheinlich ist diese Annahme freilich nicht. Da in dem Producte (GN—HN) mal Eiweissfactor jedenfalls der eine Factor, nämlich (GN—HN) anfechtbar ist, so kommt nicht viel darauf an, ob man mit 6,25 oder einem anderen, nahe gelegenen Factor multiplicirt. Folgende Tabelle enthält unter der Rubrik »Eiweiss« das Product (GN—HN) mal 6,25.

Tabelle X.

100 g Milch enthalten:

	Zeit der Lactation	GN-HN	Eiweiss	Eiweiss und unbekannte Stoffe	Unbekannte N-freie Stoffe	Auf 100 Eiw. kommen unbekannte Stoffe
			Frauenmilch.			
I	5. Tag p. p.	0,317	1,98	2,95	0,97	49
II	8.—11. T. p. p.	0,271	1,69	2,38	0,69	41
III	20.—40. » » »	0,196	1,22	1,79	0,57	47
IV	70.-120. » » »	0,163	1,02	1,49	0,47	46
V	170. T. u. spät.	0,125	0,78	1,07	0,29	37
			Stutenmilch.			
VI	Mittel	0,305	1,91	2,27	0,36	19
			Kuhmilch.			
VII	Mittel	0,487	3,04	3,30	0,26	9

Würde man mit dem Factor 6,4 multipliciren, so bekäme man bei V, der N-ärmsten Milch, 0,80 Eiweiss anstatt 0,78;

bei VII, der N-reichsten 3,11 anstatt 3,04. Es kommt also auf die Wahl des Factors nicht viel an.

Schwieriger gestaltet sich die Rechnung unter der Annahme, dass nur ein Theil des Stickstoffs an die Eiweissstoffe, ein andrer aber an unbekannte, N-arme Körper gebunden sei.

Es sei x der Antheil von GN—HN, welcher an Eiweiss, (GN—HN) — x, also der Antheil, welcher an die unbekannten Körper gebunden ist, f der Factor, mit welchem der Stickstoff der unbekannten Körper zu multipliciren ist, um letztere selbst zu erhalten. Aus Tabelle X No. I wird man also die Gleichung erhalten:

I. $x \cdot 6{,}25 + (0{,}32 - x) \cdot f = 2{,}95$ und 6 weitere Gleichungen aus No. II bis No. VII.

Durch passende Umformungen, welche wir einem befreundeten Mathematiker verdanken und mit welchen wir die Leser nicht behelligen wollen, kann man folgende, leichter zu berechnende Gleichungen finden:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{I.} & (f - 6{,}25) \cdot (1 - K) = \frac{0{,}97}{0{,}317} = 3{,}1 \\ \text{II.} & (f - 6{,}25) \cdot (1 - K) = \frac{0{,}69}{0{,}271} = 2{,}5 \\ \text{III.} & (f - 6{,}25) \cdot (1 - K) = \frac{0{,}57}{0{,}196} = 2{,}9 \\ \text{IV.} & (f - 6{,}25) \cdot (1 - K) = \frac{0{,}47}{0{,}163} = 2{,}9 \end{array}\right\} \text{Mittel } 2{,}9$$

$$\begin{array}{ll} \text{V.} & (f - 6{,}25) \cdot (1 - K_1) = \frac{0{,}29}{0{,}125} = 2{,}3 \\ \text{VI.} & (f - 6{,}25) \cdot (1 - K_2) = \frac{0{,}36}{0{,}305} = 1{,}2 \\ \text{VII.} & (f - 6{,}25) \cdot (1 - K_3) = \frac{0{,}26}{0{,}487} = 0{,}5. \end{array}$$

Die Bedeutung von K ist ausgedrückt durch die Gleichung $K\,(GN—HN) = x$, wobei K kleiner als 1 ist.

f hat die oben angegebene Bedeutung und muss zur Erleichterung der Rechnung in allen sieben Gleichungen als constant oder wenigstens nahezu constant angenommen werden. Man macht damit die materielle Annahme, dass die N-arme Substanz in allen Milchsorten gleichen Procentgehalt an N habe,

also wohl überhaupt von gleicher Beschaffenheit sei, was selbstverständlich nicht zu beweisen ist. Trifft diese Annahme aber zu, so muss K in den Gleichungen I bis IV ebenfalls constant oder nur mit zufälligen Schwankungen behaftet sein; dagegen muss K_1 grösser als K; K_2 grösser als K_1; K_3 grösser als K_2 sein; K_3 wird der Einheit sehr nahe stehen, da in Kuhmilch ohne Zweifel fast aller N an Eiweiss gebunden ist.

Setzt man nun, zur Prüfung der materiellen Verhältnisse, in Gleichung VII für K_3 nach einander die Werthe 0,90; 0,95; 0,99 ein, so wird $f = 11{,}2 = 16{,}2 = 56{,}2$. Die unbekannte Substanz würde 9%; 6,2%; 1,8% N enthalten. Auf letzteren Fall kann man ohne Weiteres verzichten, denn eine so N-arme Substanz käme für Berechnung des Milcheiweisses kaum anders in Betracht als eine N-freie. Setzt man aber den Werth $f = 11{,}2$ in Gleichung I ein, so erhält man $K = 1 - \frac{3{,}1}{5} = 0{,}4$; d. h. weniger als die Hälfte von GN—HN wäre bei solcher Frauenmilch an Eiweisskörper, der grössere Theil an die unbekannte N-arme Substanz gebunden, was doch recht unwahrscheinlich ist. Man wird also auf Grund dieser Ueberlegungen für K_3 eher den Werth 0,95, für f den Werth 16,2 wählen.

Nimmt man freilich nach Munk an, dass FN oder besser FN—HN gerade der Stickstoff der unbekannten Substanzen sei, so hat man nicht nöthig, für x oder K Werthe willkürlich festzusetzen. Denn es ist ja alsdann $FN—HN = (GN—HN) — x$ und auch, wie leicht zu erweisen,

$$K = 1 - \frac{FN—HN}{NG—HN};$$

man kann folglich aus den Versuchen selbst alle Werthe zur Berechnung von x und K entnehmen.

Da bei Milch VII FN und HN nicht direct bestimmt wurden, muss man sich an Milch VI halten und erhält für solche nach Tabelle VIII:

$$\frac{FN—HN}{GN—HN} = 0{,}045,$$

woraus $K_2 = 0{,}955$.

Setzt man diesen Werth in Gleichung VI ein, so erhält man $f = 32{,}8$, rund $= 33$ und die N-arme Substanz würde 3% N enthalten.

Für Milch I bis IV und für Milch V kann man alsdann K und K_1 auf zwei Wegen berechnen: 1. indem man in die Gleichungen 1 bis IV und V für f den Werth 33 einsetzt, und 2. aus den Werthen FN, HN, GN der Tabelle V nach der Formel $K = 1 - \frac{FN - HN}{GN - HN}$. Die Resultate sind:

aus den Gleichungen f = 33 gesetzt:	aus Tabelle V:
$K = 0{,}89$	$K = 0{,}88$
$K_1 = 0{,}91$	$K_1 = 0{,}89$

und man mag in diesem Resultate eine Bestätigung der Munk-schen Auffassung erblicken.

K_3 ist für $f = 33$ zu 0,98 zu berechnen.

Wir geben in folgender Tabelle XI eine Berechnung von Eiweiss und N-armen Substanzen sowohl für $f = 16{,}2$ und $K_3 = 0{,}95$; als auch für $f = 33$ und $K_3 = 0{,}98$. Die Tabellen X und XI haben jedoch nur die Bedeutung von Zahlenbeispielen für die verschiedenen Hypothesen. Welche richtig ist, lässt sich zur Zeit nicht sicher entscheiden. Möglich ist ja auch und es könnte namentlich den Gleichungen I bis VII damit vollkommen Genüge geleistet werden — dass sowohl f als K veränderliche Grössen sind. Eine Berechnun gder Gleichungen wäre bei dieser Annahme allerdings kaum möglich.

Tabelle XI (halbschematisch). 100 g Milch enthalten:

	f = 16,2; K_3 = 0,95					f = 33; K_3 = 0,98				
	N an Eiweiss gebunden	N an unbekannte Stoffe gebunden	Eiweiss	Unbekannte Stoffe	Summe von Eiweiss u. unbek. Stoffen	N an Eiweiss gebunden	N an unbekannte Stoffe gebunden	Eiweiss	Unbekannte Stoffe	Summe von Eiweiss u. unbek. Stoffen
I	0,23	0,09	1,44	1,46	2,90	0,29	0,03	1,81	1,00	2,81
II	0,19	0,08	1,19	1,30	2,49	0,24	0,03	1,50	1,00	2,50
III	0,14	0,06	0,87	0,97	1,84	0,18	0,02	1,12	0,67	1,79
IV	0,12	0,04	0,75	0,65	1,40	0,14	0,02	0,87	0,67	1,54
V	0,10	0,02	0,62	0,32	0,94	0,11	0,01	0,69	0,33	1,02
VI	0,26	0,04	1,62	0,65	2,27	0,30	0,01	1,87	0,33	2,20
VII	0,47	0,02	2,94	0,32	3,26	0,48	0,01	3,00	0,33	3,33

Elementaranalysen der Frauenmilch sind für die Kindesphysiologie ein Bedürfniss, um so mehr, je weniger man von den Einzahlbestandtheilen der Milch weiss. Söldner hat demnach sowohl von dem Aetherextract, als auch von einzelnen Frauenmilchen Elementaranalysen gemacht mit folgendem Resultate:

Tabelle XII.

Nummer der Milch	Zeit der Lactation	N	C	H	O	Asche	Trockensubstanz
		100 g Aetherextract enthalten:					
No. 25	26. Tag	—	71,7	10,8	17,5	—	—
» 28	40. »	—	71,4	11,1	17,5	—	—
» 29	24. »	—	70,3	11,1	18,6	—	—
Mittel	—	—	71,1	11,0	17,9	—	—
		100 g Frauenmilch enthalten:					
No. 26	8.—11. Tag	0,30	6,68	1,01	4,67	0,28	12,94
» 25	25 Tag	0,16	5,68	0,88	4,49	0,23	11,44
» 27	25. »	0,22	6,83	1,05	4,62	0,22	12,94
» 24	40. »	0,18	6,07	0,93	4,68	0,20	12,06
		100 g Stutenmilch enthalten:					
No. 48″	Colostrum	1,31	7,82	1,09	5,00	0,67	15,39
» 46″	31. Tag	0,35	4,29	0,65	4,07	0,45	9,77

Anmerkungen: 1. No. 27 ist eine ungewöhnlich fettreiche Milch (Aetherextract 4,48%). 2. Im Aetherextract konnte Söldner eine kleine Menge P — wohl von Lecithin herrührend — nachweisen. 3. Von No. 24, 25 u. 26 sind Doppelanalysen für C und H gemacht worden. Man erhält:

	C		H	
24	6,09	6,05	0,92	0,94
25	5,70	5,66	0,89	0,87
26	6,63	6,74	0,99	1,02

Zieht man HN, ferner die Elemente des Aetherextractes und des Lactoscanhydrits von den durch Elementaranalyse gefundenen Elementen der Milch ab, so bekommt man (auf 100 aschefreie Restsubstanz berechnet) folgende Elementarzusammensetzung des Restes:

	GN—HN	C	H	O
Frauenmilch	10,7	48,0	7,4	33,8
Stute Colostrum	15,0	49,2	7,5	28,3
Stute Milch	14,0	47,9	7,7	30,3

Fast dieselbe Elementarzusammensetzung, wie die Restsubstanz der Frauenmilchen, hätte ein Gemenge von $^2/_3$ Eiweiss und $^1/_3$ Kohlehydrat! ähnlich ist auch die Zusammensetzung der Mucinkörper.

Die Bestimmungen der Citronensäure nach der Methode von Scheibe ergaben Söldner folgendes Resultat:

Name der Stute	No.	Lactationszeit	100 g Milch enthalten: Asche	Citronensäure
Lotterie	53"	18. Tag p. p.	0,49	0,21
»	54"	46. » » »	0,45	0,20 / 0,19 } 0,19
Lucinde	50"	64. » » »	0,40	0,06
Clelia	55"	72. » » »	0,41	0,10
Lucinde	51"	124. » » »	0,39	0,06
Mittel			—	0,12

Wir berichten ferner über die Veränderungen im Laufe der Lactation bei einzelnen Individuen, wie folgt:

Tabelle XIII.
100 g Milch enthielten:

Name der Frau	Tage p. p.	GN	FN in mg	HN in mg	Fett	Lactoseanhydrit	Asche	Trockensubstanz
Frau M.	5.	0,33	42	10	2,89	5,46	0,34	11,69
	20.	0,22	43	15	3,49	6,34	0,22	12,04
	40.	0,18	39	14	3,73	6,27	0,20	12,06
Frau Z.	24.	0,22	39	12	4,48	6,34	0,22	12,94
	40.	0,22	43	14	4,40	6,27	0,19	12,61
	70.	0,19	31	13	3,54	6,71	0,18	12,16
	119.	0,16	29	9	3,07	6,85	0,15	11,40
	220.[1])	0,15	29	9	4,32	6,86	0,13	12,69
Frau Spa.	24	0,25	40	16	3,59	6,21	0,25	12,32
	40.	0,20	42	6	5,33	6,55	0,25	13,83
	70.	0,18	23	7	3,82	6,39	0,21	12,17
	113.	0,19	27	12	2,95	6,65	0,21	11,44
	170[1])	0,17	27	12	4,25	6,57	0,18	12,56
Frau H.	8.	0,25	—	—	2,75	6,41	0,24	12,21
	30.	0,18	—	—	2,66	6,95	0,18	11,59
	113.	0,15	—	—	1,98	7,18	0,19	10,72
	228.	0,14	—	—	3,35	6,91	0,18	11,68

1) Diese Versuche, kurz vor Ende der Lactation gemacht, konnten für die übrigen Tabellen nicht mehr benützt werden.

	Tage p. p	GN	FN in mg	HN in mg	Fett	Lactose-anhydrit	Asche	Trocken-substanz
StuteLucinde	Colostr.	1,31	33	16	1,77	4,24	0,67	15,39
	13.	0,37	33	13	1,51	5,92	0,52	10,71
	64.	0,27	33	16	1,20	6,52	0,40	10,20
	124.	0,32	35	26	1,04	6,27	0,39	9,93
Kuh No. I (erste Publication)	Colostr.	1,54	—	—	4,94	2,06	0,87	18,22
	40.	0,48	—	—	4,40	4,58	0,72	13,19
	89.	0,54	—	—	3,79	4,60	0,74	12,99

Endlich geben wir noch Mittelwerthe für Frauenmilch zusammengestellt aus sämmtlichen Analysen sowohl der ersten, als dieser jetzigen Publication:

Tabelle XIV.

100 g Frauenmilch enthalten im Mittel.

Zeit der Lactation	Zahl d z. Mitt. beitragend. Milch.	GN	Fett	Lact.-anhydr.	Asch.	Citr.-Säure	Sum.d. Einz.-bestd.-theile	Trock. sub-stanz	Eiw. u. unbekannt. Stoffe	GN—HN geschätzt, × 6,25 = Eiweiss
Tag p. p.										
5.	1	0,33	2,89	5,46	0,34	0,05	8,74	11,69	2,95	2,00
8.—11.	18[1])	0,27	3,14	6,26	0,27	0,05	9,72	12,25	2,53	1,62
20.—40.	8	0,20	3,87	6,43	0,22	0,05	10,57	12,35	1,78	1,19
70.—120.	7	0,17	2,99	6,77	0,20	0,05	10,01	11,44	1,43	1,00
170. u. sp.	5	0,14	2,65	6,88	0,19	0,05	9,77	10,85	1,08	0,81

1) Hier ist die Zahl der Analysen kleiner als die Zahl der verwendeten Milchen, da zuweilen Mischmilch von verschiedenen Frauen (aus der Klinik) zur Analyse kam.

Nachtrag: Neuerdings ist die Vermuthung geäussert worden, aus frischer Milch erhalte man FN nicht oder nur in Spuren. Diese Meinung ist unrichtig. Munk hat ganz frische Milch gefällt, wir selbst haben Versuche angestellt, bei welchen FN in ganz frischer und nach unserer Weise conservirter Milch bestimmt wurde, und werden diese Versuche bei unserer nächsten Veröffentlichung nachtragen.

Curvenerklärung.

Fig. 2.

Einfluss verschiedener Stromstärken auf die Schreibweise des Schreibtelephons.

1 u. 2 Schrift auf Anziehung. Die Curve bleibt bei schwachen (1) und starken Strömen (2) beidemale unter der Abscisse.

3, 4 und 5 Schrift auf Abstossung. Die Curve bleibt bei schwachen Strömen (3) über der Abscisse geht bei starken Strömen (4 u. 5) jedoch auch eine Zeit lang unter die Abscisse, weil der temporäre Magnet verkehrt magnetisirt wird und die Membran im mittleren Stadium der Bewegung anzieht. Die Abstände je zweier Telephoncurven sind 0,5 Secunden.

Fig. 3.

Willkürliche Entladungen des elektrischen Organes, mit dem Schreibtelephon aufgenommen.

1 Schrift auf Anziehung. Die Excursionen des Hebels sind beiderseits durch Anschläge begrenzt.

2—5 Schrift desselben Organs mit demselben Telephon auf Abstossung. 5 ist die späteste Versuchsphase. In den Stadien 2, 3 und 4 wird eine Doppelcurve geschrieben (vergl. Fig. 2 No. 4 u. 5), die im letzten Versuchsstadium am ermüdenden Organ in eine einfache übergeht. Bei 2 geht der Hebel noch zeitweise unter die Abscisse, bei 4 nicht mehr. Laut Curve 1 entsprechen die Doppelcurven jedoch nur einfachen Entladungen. 1 mm = 0,006 Secunden.

Fig. 4.

Gleichzeitige Niederschrift der Entladungen beider Organe desselben Thieres mit je einem Schreibtelephon. Die Entladungen beider Organe erfolgen synchron. 1 mm = 0,006 Sec. Strychninthier. 1 rechtes, 2 linkes Organ.

Fig. 5.

Allmählige Verschmelzung getrennter Entladungen durch Ermüdung. 1 mm = 0,006 Sec.

Fig. 6.

Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung mit dem Schreibtelephon. Reizung mit demselben Elektrodenpaar. Verlegung des Erregungsactes durch Stromwechsel. Oeffnungsinductionsschlag bei übereinander geschobenen Rollen. 1 Bunsen 1 mm = $^1/_{000}$ Secunde.

↘ absteigender, ↗ aufsteigender Strom.

589

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

W. KÜHNE, o. ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN HEIDELBERG,

UND

C. VOIT, o. ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

+7760.1
B.33
1896

XXXIII. Band. Neue Folge Band XV.

1. Heft.

Inhalt.

Seite

Zur Muskel- und Nervenphysiologie von Sipunculus nudus. Von J. von Uexküll. (Aus dem physiologischen Institut der zoologischen Station zu Neapel.) (Mit Tafel I.) 1

Ueber Modification der Gesichtswahrnehmungen unter dem Einfluss von gleichzeitigen Toneindrücken. Von Dr. S. S. Epstein. (Aus dem physiologischen Institut Bern.) 28

Analysen der Frauenmilch. Von Dr. Söldner. Mit einer Einleitung von Dr. Camerer und Schlussbemerkungen von beiden Autoren 43

Ein Apparat für colorimetrische Messungen, insbesondere für quantitative Hämoglobinbestimmungen. Von Dr. med. Wilhelm Zangemeister. (Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg.) 72

Beiträge zur Chemie einiger Seethiere. Von E. Drechsel 85

Drei Versuche über den Einfluss der Muskelarbeit auf die Eiweisszersetzung. Von Otto Krummacher. (Aus dem physiologischen Institute zu München) 108

Harnsäure, Xanthinbasen und Phosphorsäure im menschlichen Urin. Von Dr. W. Camerer 139

MÜNCHEN UND LEIPZIG 1896.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

In den nächsten Heften folgen:

Zur Analyse der Zuckungscurve des quergestreiften Muskels. Von Dr. Karl Kaiser, Privatdocent. (Aus dem physiologischen Institut in Heidelberg.) (Mit Tafel II u. III.)

Ueber die Messung des Blutdrucks mit dem Sphygmographen. Von Rudolf Magnus, cand. med. (Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg.) (Mit Tafel IV.)

Ernährungsversuche mit Drüsenpepton. Von Dr. phil. Alexander Ellinger. (Aus dem physiologischen Institute zu München.)

Ueber das Verhältniss zwischen Druck und Füllung bei Hohlorganen (Lungen und Herz) und dessen Ableitung aus der Längsdehnung. Von Fr. Klein. (Aus dem physiologischen Institut zu Kiel.)

ARCHIV FÜR HYGIENE.

(Begründet von **Max v. Pettenkofer.**)

Unter Mitwirkung der namhaftesten Hygieniker

herausgegeben von

H. BUCHNER, J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

o. ö. Professoren der Hygiene und Directoren der hygienischen Institute an den Universitäten zu

MÜNCHEN AMSTERDAM WIEN LEIPZIG BERLIN.

Preis für den Band von 4 Heften M. 15.—

Inhalt von Heft 3. XXV. Bd.

Zur Lehre von der Malaria-Infection bei Menschen und Vögeln. Von Prof. B. Danilewsky, Charkow.

Ueber den Wärmeschutz durch trockene Kleidungsstoffe nach Versuchen am menschlichen Arme. Von Max Rubner. (Aus dem hygien. Institut der Universität Berlin.)

Einfluss des Stärkens von Baumwollenstoff auf die Wärmedurchlässigkeit. Von Max Rubner. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Calorimetrische Versuche am menschlichen Arme bei nasser Kleidung. Von Max Rubner. (Aus dem hygienischen Institute der Universität Berlin.)

Inhalt von Heft 4. XXV. Bd.

Das Wasser der Mosel und Seille bei Metz. Von Dr. M. Holz, Corps-Stabsapotheker.

Beiträge zur Kenntnis der Verfälschung von Zuckerwerk. Von Prof. Gustav Kabrhel und Dr. Josef Strnad.

Bacteriologische Untersuchungen über ein neues Desinficiens Kresol Raschig (Liq Kresoli saponatus). Beiträge zur desinficirenden Wirkung der Kresol-Lösungen. Von Dr. B. Schürmayer, Hannover. (Aus dem medicinisch-bacteriologischen Privatlaboratorium.)

Wirkung des Sonnenlichtes auf die Virulenz der Tuberkel-Bacillen. Untersuchungen von Dr. Franz Migneco, Assistent. (Aus dem hygienischen Institut der kgl. Universität in Catania.)

Zur Beurtheilung der antiseptischen Salben und Oele. Von Stabsarzt Dr. Scheurlen, Priv.-Doc. für Hygiene und Bacteriologie an der Kaiser-Wilhelms-Universität in Strassburg.

(Fortsetzung auf S. 3 des Umschlags.)

589

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

W. KÜHNE, UND C. VOIT,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN HEIDELBERG. O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

XXXIII. Band. Neue Folge Band XV.

4. Heft.

Inhalt.

Seite

Ueber Kalkausscheidung durch den Harn bei Diabetes. Von Ernst Tenbaum. (Aus dem physiologischen Laboratorium in Marburg) 379

Ueber die Veränderungen des Rohrzuckers im Magen-Darmkanal. Von Professor Heinrich Köbner in Berlin 404

Beobachtungen und Untersuchungen über den Schlag von Torpedo. Zweite Mittheilung. Von K. Schoenlein, Vorsteher der physiologischen Abtheilung der zoologischen Station zu Neapel. (Aus der physiologischen Abtheilung der zoologischen Station zu Neapel.) (Mit Tafel VIII u. IX.) 408

Ueber die Resorption des Traubenzuckers im Dünndarm und deren Beeinflussung durch Arzneimittel. Von Friedrich v. Scanzoni. (Aus dem pharmakologischen Institut München.) 462

Ueber Resorption von Pepton im Dünndarm und deren Beeinflussung durch Medikamente. Von Ernst Farnsteiner, cand. med. (Aus dem pharmakologischen Institut München.) 475

Ueber das Salzsäure-Bindungsvermögen der Albumosen und Peptone. Von Dr. med. Otto Cohnheim. (Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg.) 489

Beiträge zur Physiologie des Säuglings. Von Dr. W. Camerer 521

Analysen der Frauenmilch, Kuhmilch und Stutenmilch. Von Dr. Camerer (Urach) und Dr. Söldner (Stuttgart) 585

MÜNCHEN und LEIPZIG 1896.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

In den nächsten Heften folgen:

Vergleich der Wirkungsart von Kronecker's Herzperfusionscanüle mit William's Modification derselben. Von Dr. Arthur White. (Aus dem physiologischen Institute der Universität Bern.)

Ueber den Tonus der Blutgefässe bei Einwirkung der Wärme und der Kälte. Von Dr. Sarah Amitin. (Aus dem physiologischen Institut der Universität Bern.)

Ueber die Stickstoffausscheidung aus dem Darm. Von Prof. Dr. Jiro Tsuboi. (Aus dem physiologischen Institut zu München.)

Ueber die Bedeutung des Sauerstoffes für die vitale Bewegung. Von W. Kühne. (Erste Mittheilung.)

ARCHIV FÜR HYGIENE.

(Begründet von **Max v. Pettenkofer.**)

Unter Mitwirkung der namhaftesten Hygieniker

herausgegeben von

H. BUCHNER, J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

o. ö. Professoren der Hygiene und Directoren der hygienischen Institute an den Universitäten zu

MÜNCHEN STRASSBURG i. E. WIEN LEIPZIG BERLIN.

Preis für den Band von 4 Heften M. 15.—

Inhalt von Heft 2. XXVII. Bd.

Ueber das Wärmeleitungsvermögen der zur Militärkleidung dienenden Stoffe. Von Dr. Grimm und Dr. Curt v. Bültzingslöwen. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung einiger Kinder-Nahrungsmittel, nebst kurzen Angaben über die chemischen Untersuchungs-Methoden derselben und den gegenwärtigen Stand der Frage der künstlichen Kinder-Ernährung. Von Magister Magnus Blauberg, cand. med. (Aus dem hygien. Institute in Würzburg.)

Ueber die Ausnützung der sogenannten »Kuttelflecke« im Darmcanal des Menschen. Von Dr. P. Solomin. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Inhalt von Heft 3. XXVII. Bd.

Betrachtungen zur Frage der Abwasserreinigung. Von Gustav Grether. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Ueber die Wirkung der stickstoffwasserstoffsauren Salze auf pflanzliche Mikroorganismen. Von A. Schattenfroh. (Aus dem hygien. Institute der Universität München.)

Ueber die Beziehungen der Phagocytose zur Alexinwirkung bei Sprosspilzen und Bacterien. Von A. Schattenfroh. (Aus dem hygienischen Institute der Universität München.)

Ueber die Permeabilität der Kleidungsstoffe. Von Max Rubner. (Aus dem hygien. Institut der Universität Berlin.)

Das Wasserwerk der Stadt Graz vom hygienischen Standpunkt aus betrachtet. Von Dr. Hans Hammerl, Assistent am hygienischen Institut. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Graz.)

Inhalt von Heft 4. XXVII. Bd.

Ueber den Kohlensäuregehalt der Kleiderluft. Von Dr. med. H. Wolpert, Assistenten am hygienischen Institut in Berlin.

Ein in Eiscrême und Käse gefundener giftproducirender Bacillus. Von Prof. Dr. Victor C. Vaughan u. George D. Perkins, stud. med.

Ueber eine thermophile Cladothrix. Von Dr. Kędzior. (Aus dem hygienischen Institute der Universität Berlin.)

Ueber den Einfluss der Kohlensäure auf das Wachsthum und die Toxinbildung der Diphtheriebacillen. Von N. P. Schierbeck, Kopenhagen.

(Fortsetzung auf S. 3 des Umschlags.)

ɜber die Seifen als Desinfectionsmittel. Von Dr. Richard Reithoffer. (Aus dem hygienischen Universitäts-Institute in Wien.)
ıchweis von Russ in der Luft. Von Dr. L. Heim. (Aus der Untersuchungsstation des kgl. Garnisonslazarets Würzburg.) Mit 4 Abbildungen auf 2 Tafeln
ıcterium coli anindolicum und Bacterium coli anaërogenes. Von Dr. W. Lembke, Berlin. (Aus dem hygien. Institut der Universität Berlin.) (Mit 1 Photogramm.)
ɜrichtigung zu meiner Arbeit »Beitrag zur Bacterienflora des Darms« in Band XXVI dieses Archivs. Von Dr. W. Lembke in Berlin.

Inhalt von Heft 1. Bd. XXVIII.

e Aschebestandtheile der Cholerabacillen. Von Prof. Dr. E. Cramer. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Heidelberg.)
ıber die Zusammensetzung des Schimmelpilz-Mycels. Von Dr. Marschall. (Aus dem hygienischen Institute der Universität Heidelberg.)
ıber den Einfluss eines wechselnden Traubenzuckergehaltes im Nährmaterial auf die Zusammensetzung der Bacterien. Von Robert E. Lyons. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Heidelberg.)
ıber die beim Erhitzen der Milch ausfallenden Eiweissmengen. Von Dr. P. Solomin. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)
ıber den Mahlprocess und die chemische Zusammensetzung der Mahlproducte einer modernen Roggen-Kunstmühle. Von Dr. Max Falke, Militärapotheker. (Aus dem hygienisch-chemischen Laboratorium der Kaiser-Wilhelm-Akademie zu Berlin.)
ıfluss von Zersetzungsstoffen auf die Alexinwirkung. Von Dr Ludwig Schneider, Assistent an der medicinischen Klinik in Freiburg i. Br. (Aus dem hygienischen Institut der Universität München.)
s Trinkwasser von Metz und Umgebung. Von Dr. Holz, Korps-Stabsapotheker. (Mit 1 Karte.)

Verlag von R. Oldenbourg in München und Leipzig.

Untersuchungen

an

Kältemaschinen

verschiedener Systeme.

Bericht an den Ausschuss des polytechnischen Vereins in München

erstattet von

M. Schröter,

o. Professor der theoretischen Maschinenlehre an der technischen Hochschule zu München.

Erster Bericht.

Lex.-8°. 172 Seiten brosch. M. 4.50.

Zweiter Bericht.

Lex-8°. 84 Seiten mit fünf Lichtdruckbildern und 21 Diagrammtafeln.
Preis geb. M. 3.25.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Verlag von F. C. W. VOGEL in Leipzig.

Soeben erschien: (8)

Die Mikroorganismen.

Mit besonderer Berücksichtigung der

Aetiologie der Infectionskrankheiten.

Dritte völlig umgearbeitete Auflage

bearbeitet von

Dr. **P. Frosch** in Berlin, Dr. **E. Gotschlich** in Breslau, Dr. **W. Kolle** in Berlin, Dr. **W. Kruse** in Bonn, Prof. **R. Pfeiffer** in Berlin

herausgegeben von

Dr. **C. Flügge.**

o. ö. Professor u. Director des Hygienischen Instituts zu Breslau.

Mit 210 Abbildungen im Text.

2 Theile. gr. 8°. 1896. Preis 36 M. geb. 40 M.

Verlag von **August Hirschwald** in **Berlin.**

Soeben erschien:

Ueber die

Lymphdrüsen und -Bahnen der Achselhöhle (9)

von Dr. **Fritz Grossmann.**

Gekrönte Preisschrift. gr. 8. 1896. 1 M. 50 Pf.

Verlag von **August Hirschwald** in **Berlin**

Soeben erschien:

Physiologie

des Menschen und der Säugethiere

Lehrbuch (10)

für Studirende und Aerzte.

von

Professor Dr. **I. Munk.**

Vierte Auflage. 8. Mit 120 Holzschnitten. 1897. 14 Mark.

Verlag von R. Oldenbourg in München u. Leipzig.

Die

Eis- u. Kühlmaschinen

und

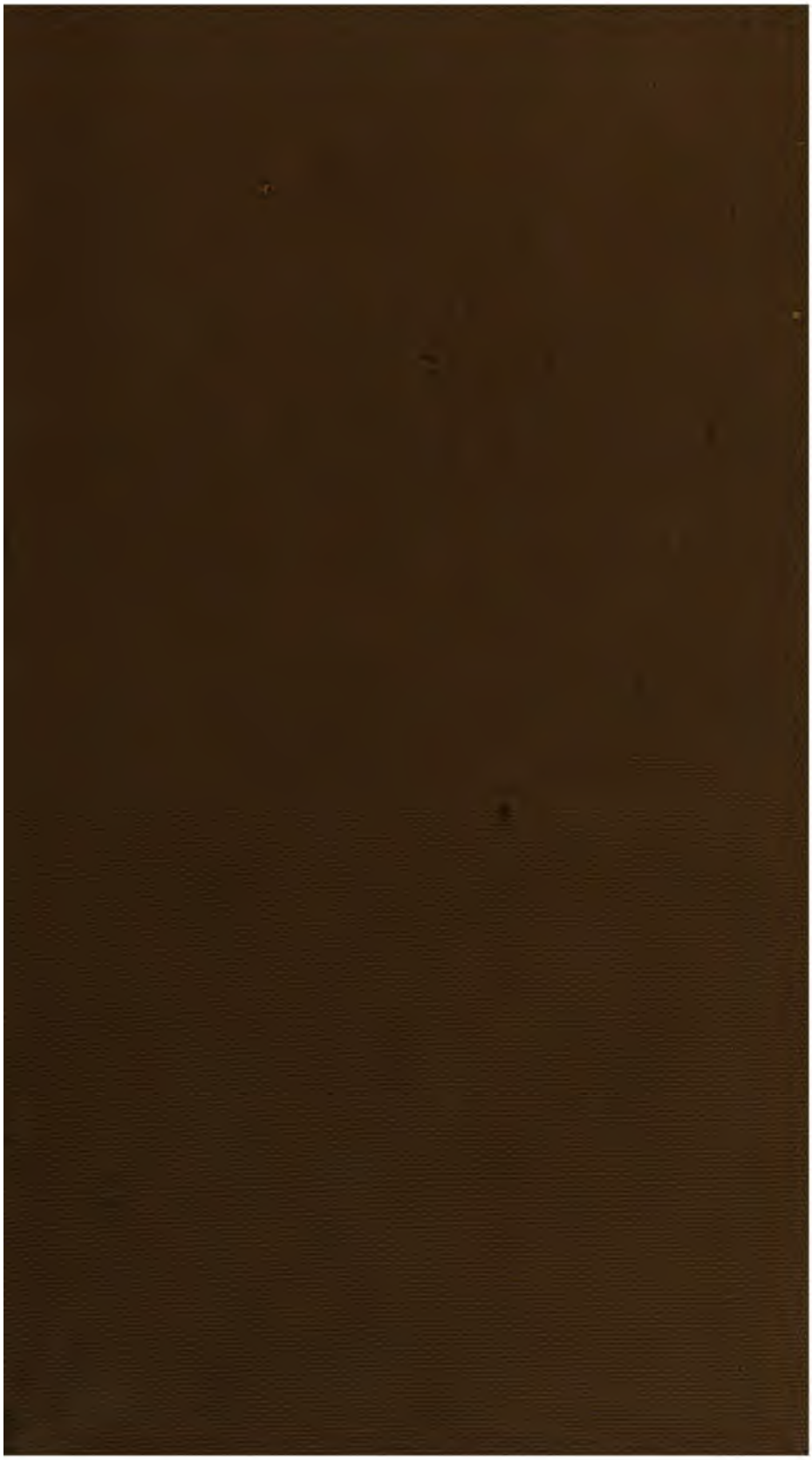
deren Anwendung in der Industrie.

Von

Alois Schwarz,

Professor in Mährisch-Ostrau.

Grofs Octav X und 563 Seiten mit 137 eingedruckten Figuren und 2 Tafeln.

Preis 14 Mark.

B.P.L. Bindery
FEB 8 1897